الميكروبيولوجيا التطبيقية

تأليـف

د . عبد الوهاب محمد عبد الحافظ
أستاذ الميكروبيولوجى ورئيس جامعة عين شمس

د . محمد الصاوى محمد مبارك
أستاذ الميكروبيولوجى المتفرغ بزراعة عين شمس

مراجعـــة

د . سعد على زكى محمود
أستاذ الميكروبيولوجى المتفرغ وعميد زراعة عين شمس الأسبق



الناشر
المكتبة الأكاديمية
١٩٩٦

حقوق النشر

المكتبة الأكاديمية
١٢١ ش التحرير - الدقي - القاهرة
تليفون: ٣٤٨٥٢٨٢ / ٣٤٩١٨٩٠
تلكس: ABCMN U N ٩٤١٢٤
فاكس: ٣٤٩١٨٩٠ - ٢٠٢

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

المحتويـات

الموضوع	الصفحة

مقدمة

تتواجد الكائنات الدقيقة، أى الميكروبات، فى كل مكان حولنا، فهى فى التربة والماء والهواء، كما تعيش فى الأغذية ، وخارج وداخل أجسامنا. وفى أى نظام بيئى، تشكل الكائنات الدقيقة اكبر اعداد الكائنات الحية بأى وسط بيئى، اذا ماقورنت بأعداد الكائنات الأخرى الموجودة بذلك الوسط .

وبسبب انتشارها الواسع ، وتعدد قدراتها الكيميائية ، فإنها تملك القدرة الأكبر، على إحداث تغيرات واضحة بالوسط الذى تعيش به ، وتعتبر مسئولة عن الكثير مما يتم حولنا، من عمليات أساسية .

فالكائنات الدقيقة ، تعتبر مصانع صغيرة ، قادرة على احداث تغيرات كيميائية عديدة فى كثير من المواد . فبعضها قادر على تحليل المخلفات العضوية النباتية والحيوانية والصناعية ، وإعادة تدويرها ، لتستعمل كغذاء لكائنات أخرى ، أو لتنساب إلى التربة ، فتزيد من خصوبتها . وذلك ، بالإضافة إلى ما ينتج عن التحلل من تصاعد لغاز ثانى اكسيد الكربون ، الذى يعمل على توازن دورة الكربون فى الطبيعة ، وغاز الميثان الذى يستعمل كبديل للطاقة.

والبعض الآخر ، قادر على تكوين كربوهيدرات وبروتين، من مواد بسيطة موجودة بالجو مثل N_2 ، CO_2 ، وبذلك يتوفر غذاء لكائنات آخرى عديدة.

ومن الناحية الصناعية ، فإنه لايمكن اغفال القدرات الكبيرة للكائنات الدقيقة ، فهى ضرورية لانتاج بعض الأغذية ، والمنتجات اللبنية ، وعمل تغيرات مفيدة بالمادة الغذائية ، فتتحول إلى منتج ذو شكل مقبول ، وطعم مستساغ ، لدى المستهلك، وإجراء تخمرات صناعية نافعة، كما فى صناعة الكحول والخل ، وفى انتاج المضادات الحيوية .

وعلى الجانب الأخر ، فإن الكائنات الدقيقة تلوث المياه، والأغذية ، والألبان ، وكثير من المواد الأخرى ، وتسبب فسادها، أو تكون بها سموم ضارة أو مميته، وتعتبر طرق تجنب تلك الملوثات، وحفظ الأغذية، من المواضيع الهامة فى ميكروبيولوجيا الأغذية والألبان .

ومن الناحية المرضية ، فإن بعض الكائنات الدقيقة تسبب أمراضا للنبات والحيوان والإنسان . وتعتبر طرق انتقال الميكروبات المرضية ، والأمراض، ودور الميكروبات فى احداثها، والمناعة والاستجابة لها ، وطرق الوقاية والعلاج ، من المواضيع الرئيسية فى الميكروبيولوجيا الطبية .

ومما لاشك فيه ، فإنه ستزداد اهمية الكائنات الدقيقة مستقبلا ، بإستخدام التطبيقات الهامة للهندسة الوراثية ، التى ستمكننا من استغلال الميكروبات ، لانتاج مواد هامة وبطرق اقتصادية . وباستمرار البحث العلمى، ستتفتح أمامنا باستمرار ، آفاق جديدة للتعرف على الأنشطة الحيوية المتعددة للكائنات الدقيقة ، واستخدامها لصالح الانسان .

سيتعرض هذا الكتاب ، فى فصوله المختلفة ، للدور النافع أو الضار، الذى تلعبه الكائنات الدقيقة فى حياتنا، وفى الوسط من حولنا ، من هواء ومياه ، ومخلفات، وأراضى ، وأغذية ، وألبان ، وتخمرات صناعية ، وأمراض، وهو مايعرف فى مجموعه باسم الميكروبيولوجيا التطبيقية . ولزيادة الفائدة، فقد زودنا الكتاب بالكثير من الجداول المجمعة لعدد كبير من المعلومات ، مع وضع العديد من الصور والرسوم الايضاحية.

ومن الطبيعى ، فليس ممكنا ، فى كتاب فى مثل حجم هذا المجلد ، إعطاء التفاصيل الكاملة ، لكل موضوع نتعرض له . فهدفنا ، تقديم كتاب ، بحجم معقول ، ومناسب ، ليضم عرضا مركزا ، ولكن واضحا وشاملا، لكل موضوع من مواضيع الميكروبيولوجيا التطبيقية المختلفة ، ليكون مرجعا مناسبا ، يساعد القارىء ، أو الباحث ، عند عمله فى احد المجالات المرتبطة. وقد أنهينا كل فصل من فصول الكتاب ، بعدد من المراجع المختارة ، التى سيجد القارىء بها ، العشرات ، بل المئات ، من المراجع الأخرى المرتبطة ، للرجوع إليها .

ونوجه نظر القارىء الفاضل ، إلى أن المعلومات الواردة بهذا الكتاب، تعتمد على الأسس العامة الخاصة بعلوم الكائنات الدقيقة ، وكيمياء الأنظمة الحيوية ، ووظائف الأعضاء ، وعلوم البيئة ، والأمراض ، التى نرجو القارىء أن يكون ملما بها .

وكلنا أمل ، فى أن نكون قد قدمنا بهذا الكتاب ، عملا مفيدا للقارىء.

والله ولى التوفيق

المؤلفان

القاهرة

يناير ١٩٩٦

تقديـــــم

الميكروبات والوسط
Microbes and the Environment

تعتبر الكائنات الدقيقة، أى الميكروبات، الموجودة بوسط معين ، جزءا من النظام البيئى Ecosystem. وأكبر نظام بيئى بالنسبة لنا هو كوكب الأرض بكل ما يحتويه، وهو مايسمى بالمجال الحيوى أو البايوسفير Biosphere.

ويتكون أى نظـــام بيئى مـــن مكونين أساسيين، مجتمـــع الكائنـــات العائشة بذلك النظام Community of organisms ، والمكونات غير الحية الموجودة به Non-living compounds، من مواد طبيعية وكيميائية.

والنظام البيئى فى حالة ديناميكية ، ويتضح هذا من تعدد الكائنات وتنوعها بالوسط . وتشكل الكائنات الدقيقة بأعدادها وبنشاطها ، المكون الأساسى ، من بين جميع الكائنات الموجودة بأى نظام بيئى . ويهتم الباحث فى مجال علم البيئة الميكروبى Microbial Ecology، بدراسة الكائنات الدقيقة بالأوساط الطبيعية التى تعيش بها ، وأيضا بدراسة العلاقات المتبادلة بين الميكروبات وبين هذه الأوساط من هواء ، ومياه ، ومخلفات ، وأراضى ، وأغذية ، وألبان ، وتخمرات صناعية ، وأمراض ... الخ.

ومن الطبيعى ، أن تتواجد الكائنات الدقيقة فى الأوساط المتعددة ، بأنواع وأعداد مختلفة ، حسب ظروف ذلك الوسط ، كما أنها تنشط وتؤدى عملياتها الحيوية ، بطرق مختلفة أيضا . فالمجتمع الميكروبى (وهو جزء من النظام البيئى) الموجود فى الماء مثلا ، يختلف فى أعداده ، وأنواعه ، وطرق نشاطه ، عن ذلك الموجود بالتربة حول جذور النباتات ، أو فى مادة غذائية، أو بالهواء ، أو بخلايا عائل مريض .

ونادرا ، ما تتواجد الكائنات الدقيقة فى أوساطها الطبيعية ، فى صورة مزارع نقية . فعينات مختلفة من الأراضى، سيحتوى كل منها على أنواع وأعداد مختلفة من الكائنات الدقيقة، من فيروسات ، وبكتريا، وخمائر، وفطريات ، وطحالب ، وبروتوزوا . وتعيش هذه الكائنات الخليطة مع بعضها بالوسط ، وتقوم بنشاطها ، بصور متداخله تتراوح مابين التعاون والتضاد.

ورغم وجود الكائنات الدقيقة كمزارع خليطه بالوسط الطبيعى ، إلا أننا نلجأ إلى تقنيات المزارع النقية ، عند دراسة وتعريف الكائنات المختلفة الخاصة بوسط ما .

ويستمر الكائن الدقيق متواجدا بالوسط، طالما كانت الظروف البيئية مناسبه لنموه وتكاثره . ولكن ، عند حدوث تغير بالوسط ، فى بعض ظروفه الطبيعية أو الكيميائية ، مثل نفاذ المواد الغذائية ، أو حدوث تغير كبير فى درجة الحرارة ، أو الحموضة ، أو التهوية ، أو الإضاءة ... ، فإن الكائن الموجود بالوسط ، مالم يتأقلم Adapted ، أو يتطفر Mutated ، فإنه يخلى مكانه لكائن آخر، تناسبه ظروف الوسط الجديدة ، وما حدث بها من تغير ، ولهذا ، فإننا نجد أن لظروف الوسط تأثير انتقائى ، على مابه من كائنات دقيقة.

وعلينا ، أن نضع كل تلك الإعتبارات ، فى أذهاننا ، عند دراسة أنواع، وأعداد ، وأدوار ، الكائنات الدقيقة بالأوساط ، التى تعيش بها .

الفصل الأول

ميكروبيولوجيا الهواء

- مصدر الميكروبات بالهواء
- المحتوى الميكروبى للهواء
- تلوث الهواء
- الأمراض المنقولة بالهواء
- تطهير الهواء
- المراجـــع

الفصل الاول

ميكروبيولوجيا الهواء
Air - Microbiology

مصدر الميكروبات بالهواء

يحتوى الهواء الجوى على خليط من الغازات (منها حوالى ٧٨٪ نتروجين ، ٢١٪ اكسجين، ٠,٠٣٪ ثانى اكسيد الكربون) ، وكميات متفاوته من بخار الماء والغازات النادره ، والمواد الصلبه العالقة ، وحبوب اللقاح ، والميكروبات . وتحت الظروف العادية، فإن أغلب هذه الميكروبات رمية لخلايا خضرية وجراثيم .

وتصل الميكروبات الى الهواء، عالقة بحبيبات الأتربة، التى تنقلها الرياح من سطح التربة الى الهواء، فالتربة هى مصدر تلوث الهواء الرئيسى بالميكروبات ، كما ان الميكروبات الموجودة بالهواء، تعتبر من مصادر التلوث الرئيسية لمصانع الأغذية، والمعامل الميكروبيولوجية.

وفى بعض الحالات ، قد تصل الميكروبات الى الهواء ، فى رذاذ العطس والسعال Cough و Sneezing، أو فى رذاذ وحبيبات ناتجة من ظروف خاصة بالمنطقة ، مثل مناطق زراعية تستعمل الرى بالرش بمياه المجارى ، أو من الاحواض الخاصة بمعالجة مخلفات المجارى ، أو من السلخانات ، أو ماشابه.

ويلاحظ أن الميكروبات التى تأتى من التربة ، أغلبها مترممة. بينما تلك التى تأتى مع العطس والسعال أو من ظروف خاصة بالمنطقة ، فقد تحمل ميكروبات مرضية .

المحتوى الميكروبى للهواء

لايعتبر الهواء بيئة طبيعية لنمو وتكاثر الميكروبات ، إذ انه لايحتوى على المواد الغذائية اللازمة، ولا على الرطوبة الكافيه ، لنموها . وعلى ذلك، فلا يوجد بالهواء مايعرف بالميكروبات المتوطنه Indigenous، بل يعتبر الهواء مجرد حامل للميكروبات. والميكروبات الموجودة بالهواء، نادرا ما تكون بحالة منفردة، بل غالبا ما تكون مرتبطة مع جزيئات عالقة بالهواء مثل الأتربة ، والقش ، وحبوب اللقاح ، والمركبات الكربونية، والرذاذ .

وترسب الجزيئات الدقيقة العالقة بالهواء بما عليها من ميكروبات، ببطء على السطوح ، وتساعدها التيارات الخفيفة على البقاء معلقة بالهواء لمدة طويلة ، اما تساقط الامطار فانه يرسب اغلبها الى التربة .

ويحتوى الجو الرطب على ميكروبات اقل مما يحتويه الجو الجاف ، لأن قطرات الرطوبة بما تحمله من ميكروبات تتساقط بسرعة الى سطح الأرض. لذلك فإننا نلاحظ أن الهواء خلال اشهر الصيف الجافة ، يحتوى على ميكروبات أكثر ، عما يحتويه الهواء الرطب خلال أشهر الشتاء .

وتختلف انواع الميكروبات الموجودة بالهواء ، بإختلاف المنطقة وظروفها. وتحت الظروف العادية ، أى فى المناطق السكنية ، ذات الجو النظيف ، وحتى ارتفاع ٢٠٠ متر من سطح البحر ، فإن من الأنواع الميكروبية التى تتواجد باستمرار ، ومصدرها الرئيسى التربة، (جدول ١-١)، جراثيم الخمائر، والفطريات مثل Aspergillus, Penicillium، والبكتريا العصويه الهوائية المتجرثمة مثل Bacillus، والبكتريا الكرويه المفرزة للصبغات مثل Micrococcus, Sarcina، وقد يوجد بعض حويصلات البروتوزوا.

وتعتبر بكتريا B. subtilis من اكثر الميكروبات انتشارا بالهواء، لأنها شائعة بالتربة، ومتجرثمة ، وجراثيمها شديدة المقاومة للظروف السيئة، خاصة الجفاف .

وتختلف كثيرا أعداد الميكروبات بالهواء حسب الظروف المحيطة، وكمية الأتربة المثارة بالهواء. فهواء المناطق المزدحمة ، غير النظيفة ، يحتوى على أعداد أكبر من الميكروبات عن تلك الموجودة بالأماكن غير المزدحمة، النظيفة. كما أن المناطق المفتوحة تحتوى على ميكروبات أقل

جدول ١-١: أنواع بكتريا وفطريات معزولة من هواء مناطق سكنية، خلال عدة شهور*.

الارتفاع من سطح الأرض بالمتر	أجنـــاس	
	بكتريا	فطــر
٥٠٠ - ١٥٠٠	Alcaligenes Bacillus	Aspergillus Microsporium Penicillium
١٥٠٠ - ٢٥٠٠	Bacillus	Aspergillus Cladosporium
٢٥٠٠ - ٣٥٠٠	Bacillus Sarcina	Aspergillus Hormodendrum
٣٥٠٠ - ٤٥٠٠	Bacillus Kurthia	Aspergillus Hormodendrum
٤٥٠٠ - ٥٥٠٠	Bacillus Micrococcus	Penicillum

* Ref: J. Bact., 36, 180, 1938

بكثير عن الأماكن المقفلة ، والتى قد تحتوى أيضا على ميكروبات مرضية . ويحتوى الهواء القريب من سطح الأرض ، على اعداد أكبر ، مما يوجد فى طبقات الجو العليا ، كما أن هواء المناطق المتربة، به اعداد اكبر مما بالمناطق غير المتربة.

والمسافة التى تنتقل اليها الميكروبات الموجودة بالهواء ، قد تتراوح من سنتيمترات لعدة كيلومترات ، والمدة التى تعيشها الميكروبات بالهواء ، قد تكون بضعة ثوان ، وقد تمتد لعدة شهور. ويعتمد كل ذلك على مجموعة من العوامل المتداخلة منها الظروف الجوية ، سرعة التيارات الهوائية ، الرطوبة، الحرارة ، أشعة الشمس ، حجم جزيئات المواد العالقة، انواع الميكروبات ... الخ .

ويمكن الرجوع الى كتب العملى المتخصصة ، للتعرف على الأجهزة المستخدمة فى أخذ عينات الهواء للفحص الميكروبيولوجى ، والبيئات الغذائية، والطرق المستعملة، لعد وفحص وتعريف الميكروبات، التى يحملها الهواء .

تلوث الهواء Air-pollution

يتعرض الهواء الموجود حولنا للتلوث ، وهذا التلوث آخذ فى الزيادة ، بزيادة عدد السكان ، والتوسع الصناعى ، وانتشار وتعدد وسائل النقل ، والتدخين ، والأنشطة الإشعاعية المختلفة .

ومناقشة هذه المواضيع ، يخرج عن نطاق هذا الكتاب ، غير انه من حيث التلوث الميكروبى، .وتحت الظروف العادية للمنطقة ، فإن مصدر التلوث الأساسى ، كما ذكر سابقا ، هو التربة ، ولعاب ومخاط المرضى وحاملى المرض ، الناتج من الجزء العلوى للجهاز التنفسى .

وكما أقترح اعتبار وجود E. coli بالمياه، دليلا على احتمال حدوث تلوث للمياه بالمواد البرازية ، فإنه يقترح اعتبار وجود Streptococcus salivarius بالهواء ، دليلا على احتمال تلوث الهواء باللعاب والمخاط .

فهذه البكتريا ، شائعة الوجود بالفم ، وغير ضارة ، وإن كان يعاب على هذا الاختبار ، أن هذه البكتريا حساسه ، سريعة الإختفاء من الهواء ، وقد يكون مصدرها جهات اخرى غير الجهاز التنفسى ، ولذلك فإن مجال الإختيار مازال موضع الدراسة .

الأمراض المنقولة (المحمولة) بالهواء Air-borne diseases

يعتبر الهواء من المصادر الرئيسية، لنقل الميكروبات المرضية للجهاز التنفسى وسطح الجلد.

ويكثر وجود هذه الميكروبات المرضية فى المناطق المزدحمة ، رديئة التهوية ، المغلقة مثل الغرف، والمكاتب، والفصول الدراسية والمسارح ... الخ .

وتصل الميكروبات المرضية الى الهواء مع رذاذ المرضى ، الخارج اثناء العطس والسعال ، والزفير، واللعاب ، والكلام والغناء . ويتراوح قطر الرذاذ الخارج من ميكرومترات الى ملليمترات (من حوالى ٠,٠٠١ الى ٢,٠٠ مم). وتشكل القطرات الدقيقة ، اى التى قطرها اقل من ٠,١ مم ، اغلب الرذاذ الخارج ، وتعرف هذه القطرات الدقيقة بالنوايات Droplets nuclei. وتستطيع هذه النوايات بما تحمله من ميكروبات ، أن تمر من الحواجز الأنفية وتصل الى الممرات التنفسية والرئتين، وتسبب العدوى.

وقد تبقى هذه القطرات الدقيقة بالجو ، حيث تتبخر بسرعة وترسب على الأرض، تاركة نوايا دقيقة حاملة للميكروبات ، عالقة بالهواء لمدة طويلة، وتنتقل من مكان لآخر بالتيارات الهوائية مسببة للعدوى .

أما قطرات الرذاذ الكبيرة Droplets، وقطرها أكبر من ٠,١ مم ، فإنها ترسب بسرعة بما تحمله من ميكروبات على الأرض ، أو على الأسطح الأخرى. وبذلك ، تعتبر أتربة هذه الأسطح ، مصادر للتلوث بالميكروبات ، عند حدوث نشاط من كنس ولبس وحركة ... ، بتلك الأماكن .

وقد امكن ملاحظة قطرات الرذاذ ، الخارجة من شخص ما ، بوضع صبغة مناسبة بالفم، مثل صبغة الأيوسين ، الكونجو الأحمر ، الفلوروسين ، وأخذ عينات من الرذاذ الخارج على شرائح أو فى أطباق بها بيئات مناسبة ، لتتبع تلك القطرات ، ودراسة مابها من ميكروبات.

من البكتريا المرضية الكثيرة الانتقال بالهواء ß-hemolytic streptococci، وهى تسبب التهابات اللوز، والبلعوم ، والحمى القرمزية، كما يوجد بكثرة البكتريا العنقودية التى تلوث الجروح والحروق .

ومن الأمراض البكتيرية الأخرى ، الشائعة الانتقال بواسطة الهواء ، الدفتريا والسل، بالإضافة الى الالتهابات الرئوية .

ومن الأمراض الفيروسية الشائعة الانتقال عن طريق الهواء أيضا ، نزلات البرد والانفلونزا، بالإضافة الى بعض الأمراض الأخرى مثل الجدرى، والحصبة، والنكاف .

وبالإضافة الى ذلك ، فقد ينتقل بالهواء بعض الأمراض الفطرية، التى يسببها أنواع تابعة لأجناس مثل Blastomyces, Cryptococcus, Histoplasma, Monilia... etc، كما قد يصاب بعض الاشخاص بأمراض خاصة بالحساسية ، بسبب الملوثات، أو الميكروبات الموجودة بالجو (راجع الفصل التاسع - خامسا).

تطهير الهواء Air-sanitation

لايحتوى عادة الهواء الطلق الموجود بخارج الحجرات ، على ميكروبات ضارة بالإنسان . ولكن بداخل الأماكن المغلقة ، فإنه بالإضافة الى الميكروبات المترممة ، قد يوجد أيضا الكثير من الميكروبات المتطفلة والممرضة . وفى مثل هذه الأحوال ، يصبح التخلص من هذه الميكروبات ، سواء تلك الموجودة بهواء الحجرة ، أو التى سقطت على الأسطح مثل الأرضيات ، والمناضد ، والمفارش ... الخ ، عملية ضرورية ، ولها أهميتها الاقتصادية والصحية، ويمكن التخلص من كثير من الميكروبات ، الموجودة بهذه الأماكن المغلقة ، بالتهوية المناسبة ، أو التعرض لأشعة الشمس ، أو الغسيل ، أو الترشيح ، أو استعمال الإيروسولات ، أو باستعمال الأشعة فوق البنفسجية ... أو غيرها من الطرق المناسبة .

ففى أجهزة التكييف مثلا ، يمرر الهواء الداخل بالجهاز على مرشحات من الألياف الزجاجية، لترشيحه ، أو يمرر على رشاشات من الماء ، لغسله وتنظيفه من المواد العالقة به كالأتربة بما عليها من ميكروبات ، لنحصل على هواء نظيف خالى من الأتربة Clean dust-free air.

وفى المستشفيات قد تعالج أسطح الأرضيات، والملايات والملابس ... بمستحلبات الزيوت Oil immulsion ، التى تعمل على إزالة الميكروبات بطريقة ميكانيكية .

كما تستعمل بعض المواد المطهرة كالجليكولات ، مثل الجليكول ثلاثى الاثيلين ، وبروبيلين الجليكول ، كرذاذ هوائى ، ايروسول ، لتطهير هواء الحجرات مما بها من ميكروبات . وتستعمل هذه الجليكولات عادة على درجة حرارة الغرفة ، فإذا توفرت الظروف الأخرى المناسبة من تركيز (حوالى ٠,٥ مجم أبخرة بروبيلين جليكول لكل لتر هواء بالغرفة) ، ورطوبة نسبية

(حوالى ٢٠ - ٤٠٪)، فإن حوالى ٩٠٪ من الميكروبات الموجودة بهواء الغرفة ، يموت خلال دقائق من التعرض .

وتمتاز الجليكولات ، بأنها عديمة الطعم والرائحة، غير مهيجة، وغير سامة للإنسان ، ولاتسبب تآكلا بالمعادن ، وغير قابلة للإنفجار. وعند الاستعمال ، فإن أبخرتها تتكثف على أسطح خلايا الميكروبات، وتعمل على سحب ماء الخلايا ، فتجف الميكروبات وتموت.

وكثيرا مايستخدم الآن ، الأشعة فوق البنفسجية فى المعامل ، والمستشفيات ومصانع الأدوية، وبعض المصانع الغذائية ، لقتل الميكروبات الموجودة بهواء الحجرات ، او الراسبة على أسطح المواد المختلفة بالحجرة.

ويستخدم لهذا الغرض لمبات بخار الزئبق المصنوعة من الكوارتز ، التى تعطى أشعة فوق بنفسجية ذات طول موجى حول ٢٦٥٠ انجستروم ، وهو أكثر أطوال هذه الأشعة ، قتلا للميكروبات. وعادة ما تعلق هذه اللمبات فى أماكن مناسبة بالأسقف ، أو على الحوائط ، أو توضع فى أنابيب ليمر عليها الهواء الداخل للحجرة . وعند التعرض للطول الموجى ٢٦٥٠ A° ، فإن أكثر من ٩٥٪ من الميكروبات الموجودة بالهواء ، أو على أسطح المواد ، يقتل فى ثوان . ويتوقف ذلك ، على نوع التلوث ومداه ، وحجم الفراغ ، ورطوبة وحرارة الجو ، ونوع الإشعاع ، وزمن التعرض.

ويراعى العاملون، عند استعمال الأشعة فوق البنفسجية ، عدم التعرض لها ، لأكثر من عدة دقائق فى اليوم ، تجنبا لحدوث حروق بالوجه ، أو أضرارا بالعين .

References

Gregory, P.H. and J.L. Monteith (eds.) (1967). Air-borne microbes. Proc. 17th Symposium, Soc. Gen. Microbiology, UK.

Lepper, M.H. and E.K. Wolfe (eds.) (1966). Air-borne infection. Proc. 2nd Conf., on Aerobiology, Amer. Soc. Microbiol., Bact. Rev., 30 (3), 485-697.

الفصل الثانى

ميكروبيولوجيا المياه

(المياه الطبيعية)

- ميكروبيولوجيا المياه
- المياه الطبيعية
- العوامل المؤثرة على مجهريات المياه الطبيعية
- توزيع وأنواع المجهريات فى الأوساط المائية
- المياه العذبة غير الملوثة
- المياه الملوثة
- المياه البحرية
- دور الكائنات المجهرية فى الأوساط المائية
  - ١ـ السلسلة الغذائية
  - ٢ـ الدورات البيوكيميائية للعناصر
  - ٣ـ رواسب قاع البحار
- المراجــع

الفصل الثانى

ميكروبيولوجيا الميـــــاه
Aquatic Microbiology

تلعب مجهريات الميـــاه فى حياتنا ، دورا هاما، وبطرق متعددة، فهى تؤثر على صحة الإنسان والحيوان ، وعلى البيئة من حولنا ، وتكون حلقة اساسية في السلسلة الغذائية بالطبيعة ، بإمداد الكائنات المائية، النباتية والحيوانية بالغذاء ، كما تقوم بتحليل المواد العضوية ، وتدوير العناصر ، ومعدنتها .

وتتعلق ميكروبيولوجيا الميـــاه ، بدراسة الأنواع المختلفة من الأحياء الدقيقة ، وأعدادها ، وما تقوم به من أنشطة فى المياه الطبيعية العذبة والمالحة ، ويشمل ذلك مياه الينابيع ، والبحيرات ، والأنهار ، والخلجان ، والبحار. وتعتبر بعض هذه المجهريات الموجوده بالمياه، كائنات متوطنه بهذه الأوساط ، والبعض الآخر يعتبر منقولا ، يصل إلى المياه من الهواء ، والأمطار الساقطة ، والتربة ، والمزارع ، والمنازل ، والمصانع .

وتتعلق ميكروبيولوجيا الميـــاه أيضا ، بدراسة النواحى الميكروبيولوجية ، الخاصة بمياه الشرب ، ومياه مخلفات المصانع والمنازل، وما يلزم لمياه الشرب من تنقيه ، والمحافظة عليها من التلوث ، خاصة من مياه المخلفات ، التى يجب أن تعالج بطرق مناسبة قبل الاستفادة منها ، حفاظا على الصحة العامة .

المياه الطبيعية
Natural Waters

تمر الرطوبة الأرضية ، بما يعرف بدورة المياه Water cyle, Hydrologic cyle . وفى هذه الدورة ، تتصاعد الأبخرة الناتجة من نتح النباتات، ومن تبخر مياه الأنهار والبحار ، ومن سطح الأراضى ، وتتكثف فى الجو البارد بالطبقات العليا من الجو ، وتتجمع القطرات المتكثفة فى صورة سحب، وهذه تتحرك حسب اختلافات الضغط واتجاه الرياح، ويزداد تكثف الماء بالسحب ، فتثقل ، وتتساقط فى شكل أمطار وثلوج، لتتبخر ثانيه ... وتستمر الدورة .

وعند سقوط الأمطار والثلوج ، ووصولها إلى سطح الأرض ، فإما أن تتجه تلك المياه المتساقطة إلى الأنهار والبحيرات والبحار ، أو ترشح خلال طبقات التربة، حتى تصل إلى مستوى يعرف بمستوى الماء الأرضى Water table أو تصل الى اعماق مختلفة مكونه للمياه الجوفيه . ثم يتحرك الماء ببطء حسب خطوط الكونتور ، حتى يصل إلى البحر ، أو يخرج على السطح فى صورة ينابيع .

ويتكون خلال تلك الدورة المائية ، ما يعرف بالمياه الطبيعية ، التى تشمل مياه جوية ، ومياه سطحية ، ومياه مخزنه ، ومياه جوفيه ، وتحتوى كل مرحلة من هذه المراحل ، على أنواع متعددة من المجهريات ، التى تتواءم مع ظروف كل مرحلة .

المياه الجوية Atmospheric Water

تشمل هذه المياه الأمطار والثلوج ، وهذه المياه فى بداية تساقطها من السحب ، تكون خالية من الميكروبات ، حيث أن بخار الماء المكون للسحب، يكون خاليا من الميكروبات ، ولكن بنزول تلك المياه ومرورها بطبقات الجو، فإنها تتلوث بالميكروبات، الموجودة بذرات الأتربة العالقة بالهواء . وبعد فترة قصيرة من نزول الأمطار ، فإن الجو يصبح رائقا ، خاليا تقريبا من الميكروبات ، بسبب ما يحدث له من غسيل وترسيب ، لجزيئات التراب والمواد العالقة ، وما تحمله من ميكروبات .

المياه السطحية Surface Water

بنزول مياه الأمطار والثلوج إلى سطح التربة ، يتكون مايعرف بالمياه السطحية ، مثل مياه الأنهار والبحيرات والبحار . وبسقوط المياه الجوية وملامستها لسطح التربة ، فإن تلك المياه تتلوث بدرجة كبيرة بميكروبات التربة ، ويتوقف مدى التلوث ، من حيث عدد وأنواع الميكروبات ، على ظروف التربة البيولوجية ، والجغرافيه ، والمناخية .

فى بداية نزول الأمطار ، يزداد عدد الميكروبات بالتربة ، ولكن باستمرار هطول الأمطار ، فإن عدد الميكروبات بالتربة يقل ، ولكن يزداد ذلك العدد بشكل ملحوظ بمياه الأنهار ، التى تصلها تلك المياه ، المحملة بالأتربة والميكروبات .

المياه المخزنة Stored Water

يؤدى تخزين المياه ، كما يحدث فى البرك والبحيرات والخزانات ، إلى تقليل أعداد الكائنات الدقيقة بها ، وذلك نتيجة الترسيب ، ونشاط الأحياء الأخرى التى تتغذى على المجهريات ، وتأثير بعض العوامل الجوية ، كالحرارة والأشعة فوق البنفسجية ، الموجودة بأشعة الشمس .

وإذا ما وصل إلى هذه المياه المخزنة مواد عضوية ، من أراضى أو نباتات أو مخلفات ، فإن عدد المجهريات ، من بكتريا وطحالب وفطريات وبروتوزوا ، يزداد بتلك المياه ، ويصبح لونها داكنا ، وبتحلل تلك المخلفات، تتكون روائح كريهة ، ويصير لون الماء غير مقبول ، وطعمه غير مستساغ .

المياه الجوفيه Ground Water

تشمل المياه الجوفيه مياه الينابيع والآبار . وما لم يحدث تلوث من مصدر خارجى ، فإن المياه الجوفيه ، تكون شبه خاليه من البكتريا والجزيئات العضوية ، نتيجة ترشيح المياه خلال مرورها بطبقات الأرض المختلفة . وعادة ، فكلما كانت المياه الجوفيه عميقة ، كلما قل بها عدد الميكروبات . وعند استخراج المياه من الآبار للإستعمال ، فإنه يجب سحبها عن طريق أنابيب مناسبه غير منفذة ، محافظة على المياه من اى تلوث خارجى.

وهناك آبار ، يحتوى ماؤها على نسب عالية من مواد معدنيه ، أو غير معدنيه ، تساعد على نمو ميكروبات معينة بها ، فتوجد بكتريا الكبريت ، فى مياه الآبار المحتوية على نسبة مرتفعة من الكبريت ، وبكتريا الحديد فى المياه ذات نسبة الحديد العالية ، والبكتريا المحبة للحرارة فى ينابيع المياه الساخنة ، وهذه عادة ما تكون ذاتيه التغذية ، لأن نسبة المادة العضوية عادة قليلة ، بمياه الينابيع الساخنة .

وبشكل عام ، فإنه يمكن تقسيم مياه الأوساط المائية ، من حيث أماكن وجودها ، إلى

أولا: مياه أرضيه Inland Water ، وهذه تشمل

أ- مياه سطحية Surface water، ومنها

١- مياه جاريه Lotic (Running) water
مثل مياه الينابيع Springs، والجداول Streams ، والأنهار Rivers.

٢- مياه ساكنه Lentic (Standing) water
مثل مياه المستنقعات Swamps، والبرك Ponds، والبحيرات Lakes .

ب- مياه تحت أرضية Subterranean
مثل المياه الجوفيه Ground water.

ثانيا: مياه بحرية Ocean Water

وتشمل هذه ، مياه البحار Seas ، والمحيطات Oceans، ومياه المصبات Estuaries (مثل مصبات مياه الأنهار فى البحر).

العوامل المؤثرة على مجهريات المياه الطبيعية

يتوقف أعداد وأنواع المجهريات الموجودة بالمياه الطبيعية، على مجموعة من العوامل الخاصة بالوسط المائى ، والتي منها توفر العناصر الغذائية ، والظروف البيئية والفيزيائية والكيميائية ، وأنواع الكائنات الأخرى الموجودة بالوسط . وتختلف هذه العوامل بدرجة كبيرة من وسط لآخر ، كما يحدث مثلا بين الأنهار ، والمحيطات .

ومن هذه العوامل

العناصر الغذائية Nutrients

تعتبر أنواع العناصر الغذائية الموجودة بالمياه ، ومكوناتها من عضوية وغير عضوية ، ومدى توفرها ، من العوامل الرئيسية المحددة لمحتوى هذه المياه من الميكروبات ، عددا ونوعا . فأملاح النترات والفوسفات مركبات غير عضوية هامة للميكروبات ، خاصة للطحالب ، واملاح الحديدوز ضرورية لنمو بعض أنواع بكتريا الحديد ، وكذلك كبريتور الإيدروجين للميكروبات المؤكسدة للكبريت ، وغاز الميثان للبكتريا المؤكسدة لغاز الميثان ، والمخلفات العضوية للميكروبات المترممة عضوية التغذية ... وهكذا .

أما من حيث المعادن ، فإن معظم المياه الطبيعية ، تحتوى على المعادن اللازمة لنمو الميكروبات .

وتزداد أعداد الميكروبات بالمياه ، التى يلقى بها مخلفات المجارى ، كما أن مخلفات المصانع ، قد تحمل أحماضا او موادا كيميائية مثل الزئبق والمعادن الثقيلة ، مضادة لنمو الميكروبات ، كما انها تقتل الكثير من النباتات والأحياء المائية ، الموجودة بالوسط المائى .

وتحت الظروف الطبيعية ، فإن اكثر أعداد المجهريات بالبحيرات والانهار ، توجد قرب الضفاف ، حيث تتجمع وتتركز المواد الغذائية ، على الجزيئات الصلبة فى أماكن هادئة ، أما فى البحار ، فإن أكثر الأعداد توجد بالطبقات السطحيـــة من المياه بالمنطقـــة الساحلية، ولمسافة تمتد لعدة كيلومترات من الشاطىء ، وكذلك برواسب القاع .

الإختلافات الموسمية Seasonal Variations

يبدو أن هناك تتابعا فى أعداد الكائنات المجهرية ، في بعض أنواع المياه ، مرتبطا بالمواسم ، وبشكل عام ، فقد لوحظ أن عدد الأحياء الدقيقة يكون قليلا بالشتاء ، ويزداد فى الربيع .

وفى بداية الربيع ، يزيد عدد الدياتومات بالمياه ، وتصل لأقصاها فى شهر مايو ، ثم تتناقص في العدد بعد ذلك ، لتستعيد نشاطها من بداية الشتاء.

وفى بداية الصيف، يصل عدد الطحالب الخضراء لأقصاه، ثم يتناقص العدد فى بداية الخريف، ليحل محلها الطحالب الخضراء المزرقة (البكتريا الخضراء المزرقة)، التى تصل لأقصى أعدادها فى آخر الخريف .

من حيث البروتوزوا ، فقد وجد أنها تسود فى أوائل الربيع ، وتقل فى منتصف الصيف . أما من حيث البكتريا، فلم يكن واضحا تأثير التغيرات الموسمية ، على اعدادها .

الحـــــرارة Temperature

تتراوح درجة حرارة المياه الطبيعية ، ما بين الصفر المئوى فى المناطق القطبية إلى ٤٠°م فى المناطق الاستوائية ، وطبيعى فإنه ينمو بكل منطقة حرارية ، ما يناسبها من ميكروبات.

كما توجد الميكروبات فى مياه الينابيع الساخنة ، حيث تصل الحرارة إلى ٨٠°م ، مثـــل بكتريا Thermus aquaticus، التى درجة حـــرارة نموها المثلى ٧٠ - ٧٢°م .

الضغط الهيدروستاتيكى Hydrostatic pressure

يختلف الضغط الهيدروستاتيكى فى مياه الطبقات السطحية، عن تلك التى فى الأعماق، حيث يزداد الضغط الهيدروستاتيكى مع العمق ، بمعدل واحد ضغط جوى لكل عشرة أمتار. ويؤثر الضغط الهيدروستاتيكى، على الإتزان الكيميائى للعناصر، ودرجة ذوبانها، ويزيد من درجة غليان الماء، وبذلك يحفظ الماء فى الصورة السائلة ، على درجات الحرارة والضغوط العالية .

ويعتبر الضغط الهيدروستاتيكى، من العوامل المحددة لنمو أنواع معينة من المجهريات ، فعلى عمق من الف إلى عشرة آلاف متر، لضغط يزيد عن ١٠٠ ضغط جوى ، عزلت من قاع المحيط الباسيفيكى ، ميكروبات محبة للضغط المرتفع Barophiles ، مثل Pseudomonas submarinus ، لاتستطيع النمو عند الضغط الجوى العادى . وتعزل بكتريا الأعماق من قاع البحار، باستعمال أجهزة جمع عينات حافظة للضغط المرتفع Pressure-retaining sampling devices.

الضـــوء Light

فى وجود الضوء ، تقوم الأحياء الممثلة للضوء كالطحالب ، وهى كائنات ذاتية التغذية ، بتكوين المواد العضوية . وتعتمد الأحياء المائية الأخرى فى نموها وتكاثرها ، بطريق مباشر أو غير مباشر ، على ما يتكون من تلك المواد العضوية ، إذ أن الأحياء الممثلة للضوء ، كائنات منتجة للمـــادة العضـويــــة ، تقــوم بالــدور الأولى فى تكوين الوسط البيئى Primary producers .

وهناك ارتباط ، بين كثافة الضوء بالأعماق المختلفة للمياه ، وبين أعداد الطحالب ، وتوجد الطحالب فى الطبقات العليا من المياه ، التى يستطيع أن يتخللها الضوء ، ويختلف عمق المنطقة الضوئية بإختلاف درجة التعكير والموسم ، وهى عادة من السطح حتى عمق ٥٠ إلى ١٢٥ متر ، ومصدر الكربون لهذه الطحالب ، يأتى أساسا من البيكربونات الذائب فى الماء .

الملوحـــة Salinity

تتراوح نسبة الملوحة فى المياه الطبيعية ، ما بين صفر فى المياه العذبة ، إلى درجة التشبع فى مياه بعض البحيرات الملحية . وتتميز مياه البحار ، بأرتفاع محتواها من الأملاح الذائبة ، والتى يتروواح تركيزها ما بين ٣٠ إلى ٣٧ جم/كجم ماء ، وأهم هذه الأملاح كلوريدات وكبريتات وكربونات الصوديوم والبوتاسيوم والكالسيوم والمغنسيوم .

وأغلب مجهريات البحار محبة للملوحة halophiles ، ويجود نموها عند تركيز أملاح من ٢,٥ إلى ٤٪ ، بينما نجد أن مجهريات الأنهار والبحيرات حساسة للملوحة ، وتتوقف عن النمو ، اذا مازاد تركيز الملح عن ١,٠٪ .

التعكير Turbidity

تختلف درجة تعكير المياه بدرجة كبيرة من موقع لآخر ، فبينما نجد أن مياه بعض البحار شبه رائقة ، نجد أن مياه بعض الأنهار ، خاصة قرب الشاطيء . شديدة التعكير ، ويأتي التعكير ، من المواد العالقة العضوية وغير العضوية ، وكذلك من المجهريات ، وتلتصق مجهريات المياه بأسطح المواد الصلبه العالقة ، وتسمى بكتريا المياه ، التى تنمو وتتكاثر وهى ملتصقه بالأسطح الصلبه، باسم Epibacteria .

تؤثر درجة تعكير المياه ، على نفاذية الضوء ، وبالتالى فإن زيادة التعكير ، تقلل من نشاط الكائنات الممثلة للضوء .

تركيز أيون الإيدروجين - pH

يتأثر درجة تركيز أيون الإيدروجين بالمياه ، بالظروف المحلية ، وبما يصل إلى الماء من مخلفات، ولكن ، تحت الظروف الطبيعية ، فإن درجة تركيز أيون الإيدروجين بالمياه ، تتراوح عموما مابين ٧ إلى ٨,٥ ، وهى حدود تسمح بنمو مجهريات الأوساط المائية ، وإن كان النمو الأمثل لتلك المجهريات، يكون عند pH بين ٧,٢ الى ٧,٦ .

الكائنات الأخرى

تتوقف كثافة الميكروبات بالمياه ، إلى حدما ، على أنواع وأعداد الكائنات الأخرى الموجودة بالمياه ، مثالا على ذلك ، فإن معظم الهائمات الحيوانية تتغذى على البكتريا والطحالب ، كما تفتك البروتوزوا ، والبديللوفبريو ، والبكتريوفاج، ببلايين البلايين من البكتريا ، وفى المقابل، فإن بعض أنواع البكتريا تفرز مضاداتا حيوية ، تؤثر على كائنات أخرى . كما تتغذى أنواع كثيرة من الميكروبات المترممة، على الاحياء الأخرى الميته.

توزيع وأنواع المجهريات فى الأوساط المائية

Distribution and kinds of microorganisms in the aquatic environment

تتواجد المجهريات فى الوسط المائى فى جميع الأعماق ، بدءا من الطبقة السطحية وحتى رواسب القاع . وتحتوى الطبقة السطحية من المياه، ورواسب الأعماق ، على أعلى الأعداد من المجهريات . وبالإضافة إلى العوامل السابق ذكرها ، المؤثرة على أعداد وأنواع المجهريات بالمياه ، فإن حركة تلك المجهريات، وتوزيعها بالمياه البحرية والمحيطات ، تتأثر أيضا بعمليات المد والجزر ، والتيارات المائية ، والرياح .

الهائمات المائية - البلانكتون Plankton

الهائمات المائية (البلانكتون)، عبارة عن التجمعات الميكروبية ، الطافية والعائمة مع التيار ، فى الطبقة السطحية من النظام المائى. قد تتكون تلك التجمعات الميكروبية من النباتات، وتسمى هائمات مائية نباتية Phytoplankton ، وهذه تتكون أساسا من الطحالب، مثل الدياتومات ، والطحالب وحيدة الخلايا ثنائية الأسواط Dinoflagellates ، والطحالب الخضراء ، إضافة إلى السيانوبكتريا .

وقد تتكون التجمعات الميكروبية من حيوانات ، وتسمى هائمات مائية حيوانية Zooplankton ، وتتكون هذه من بروتوزوا، وحيوانات أخرى بسيطة . وتوفر طبقة البلانكتون ، سطحا صلبا تنمو عليه تجمعات البكتريا .

وتعتبر المجهريات المختلفة الممثلة للضوء ، اهم الهائمات المائية ، لأن هذه المجهريات تستطيع القيام بعملية التمثيل الضوئى ، ولذلك فهى تعتبر منتجات اولية للمادة العضوية ، التى تكون الحلقة الأولى فى السلسلة الغذائية بالطبيعة Primary producers of organic matter .

وأغلب الهائمات النباتية متحركة ، لها تركيبات خلوية مناسبة ، تساعدها على الطفو Buoyancy.

ومن امثلة الطحالب المكونة للهائمات النباتية البحرية

Diatoms	e.g. Coscinodiscus, Novicula, Skeletonema
Dinoflagellates	e.g. Gymnodinium, Gonyaulax
Phytoflagellates	e.g. Dichtyocha (Golden-brown silica flagellated algae)

ومن الطحالب الخضراء الموجودة بالمياه العذبة

Chlorella, Chlamydomonas, Scenedesmus, Spirogyra

ومن السيانو بكتريا Anabaena

أما الهائمات الحيوانية ، فإنها تتكون من مجموعة كبيرة متباينة من الكائنات ، تتراوح من وحيدة الخلايا كالبروتوزوا ، إلى عديدة الخلايا لافقارية كالقشريات ، وأمثلة لتلك الهائمات الحيوانية البحرية

Protozoa :

Dinoflagellates	e.g. Noctiluca
Ciliata	e.g. Tintinnopsis
Crustaceans	e.g. Calanus, Euchaeta, Euphausia
Rotifers	e.g. Brachionus

تلون مياه البحر Sea water discoloration

تحت ظروف بيئية مناسبة ، تنمو الطحالب الموجودة بالهائمات النباتية البحرية ، بكميات كبيرة ، مسببه تلون مياه البحر . مثالا على ذلك، فإن اللون المميز للبحر الأحمر ، يعود إلى النموّ الكثيف للسيانوبكتريا المسماه Oscillatoria erythraea ، التى تحتوى على صبغتى Phycoerythrin & Phycocyanin.

المياه العذبة غير الملوثه Non-polluted fresh water

فى البحيرات والأنهار الخالية من التلوث بالمخلفات ، تكون المياه رائقة ، شبه نقيه ، ونسبة العناصر الغذائية بها قليلة ، وأعداد الميكروبات بها محدود ، وتتضمن هذه ، أنواع من بكتريا التربة المترممة ، التى تستطيع النمو فى وجود كميات قليلة من العناصر الغذائية بالمياه ، مثل أفراد تابعة لأجناس :

Achromobacter, Flavobacterium, Micrococcus, Proteus, Pseudomonas. Spirillum and Bacillus

وقد نجد أيضا بكتريا مثل الأزوتوباكتر ، وبكتريا النترتة، كما تنمو البكتريا ذات السوق مثل Caulobacter، والبكتريا المتبرعمة Hyphomicrobium، والبكتريا الشبيهة بالطحالب Chlamydobacteria قرب الشواطىء ، وعلى أسطح الصخور .

واذا توفر بالقاع ، كميات كافية من مواد عضوية متحللة ، تنمو الكلوستريديوم ، والبكتريا الأخرى اللاهوائية ، الإختيارية والحتمية ، مثل البكتريا المختزلة للكبريت Desulfovibrio .

المياه الملوثة Polluted water

المياه الملوثة بمخلفات المجارى ، تشكل وسطا مناسبا لنمو الكثير من الميكروبات ، وتصل أعدادها لعدة آلاف . وفى هذه المياه ، نتوقع وجود البكتريا المعوية مثل E. coli, Streptococcus, Clostridium

وذلك ، بالإضافة إلى أنواع عديدة من بكتريا التربة المترممة مثل ، Micrococous, Sarcina, Spirillum, Vibrio, Bacillus
والكثير من الأكتينوميسيتات ، والخمائر ، والفطريات ، والبكتريا الشبيهة بالطحالب ، والبروتوزوا ، والفيروسات المعوية.

وفى طين قاع المياه الملوثه ، فإن جهد الأكسدة والإختزال يكون منخفضا ، وتنمو أنواع البكتريا اللاهوائية مثل Desulfovibrio, Clostridium

المياه البحرية Marine water

بحكم ظروف المياه البحرية ، فإن أغلب المجهريات الموجودة بها ، تعتبر محبة للبرودة ، ومحبة للملوحة أو متحملة لها ، وذات إحتياجات خاصة من ايونات الصوديوم، وأيونات العناصر الأخرى الموجودة بمياه البحر . لذلك، فإن مجهريات البحار ، لاتنمو إلا فى بيئة (وسط غذائى)، تتكون أساسا من مياه بحر معتقة aged sea water ، مضافا إليها مصادر العناصر الغذائية الأخرى من كربون ونتروجين ... الخ .

ونستطيع أن نقسم مياه البحر من السطح إلى القاع ، إلى طبقات، أو مناطق حيوية Biozones ، وذلك حسب الظروف البيئية الخاصة بكل منطقة ، (شكل ٢-١) ، وذلك الى المناطق الرئيسية التالية

١- منطقة مياه الشاطىء الساحلية Littoral zone (Beach water)

ومياه هذه المنطقة، ساحلية محاذية لطول الشاطىء ، وينفذ من هذه المنطقة الضوء إلى الطبقات التالية ، وقد ينمو بها بعض النباتات ، ويحدث بهذه المنطقة المد .

٢- منطقة المياه التى يتخللها الضوء Photic zone, Lighted zone

وهذه هى المنطقة العليا من مياه البحر، التى يتخللها الضوء، ويوجد بها الكائنات الممثلة للضوء المرتبطة بالهائمات النباتية، وتشمل هذه المنطقة، منطقة مياه الشاطىء الساحلية، ويصل عمق هذه المنطقة، إلى عمق ٥٠ إلى ١٢٥ متر ، وذلك حسب الموسم ، ودرجة التعكير.

٣- منطقة المياه المظلمة Aphotic zone, Dark zone

وهذه هى منطقة المياه العميقة بالبحر Profundal zone، ولايصل الضوء لهذه المنطقة .

٤- منطقة قاع البحر Benthic zone (Sea floar)

وتتكون منطقة القاع، من رواسب، وطين طرى .

شكل ٢-١ :
رسم تخطيطى يوضح المناطق
الحيوية بمياه البحار

توجد أكثر الأنواع الميكروبية النشطة فسيولوجيا ، فى منطقة المياه الساحلية ، ومنطقة المياه التى يتخللها الضوء ، وهى أكثر مناطق مياه البحر نشاطا وانتاجا . وغالبا فإن البكتريا الموجودة بهذه الطبقات العليا، تكون ملونة ، حماية لها من تأثير أشعة الشمس، مثل

Chromobacterium, Flavobacterium, Micrococcus

كما يوجد بتلك الطبقات، جراثيم وهيفات الفطريات من نوع

Phycomycetes, Deuteromycetes, Myxomycetes

والبكتريا الشبيهة بالطحالب كلاميدوباكتريا مثل Phragmidiothrix
كما يوجد أنواع متعددة من البروتوزوا، ذات الأسواط، وذات الأهداب .

ونجد أن رواسب القاع ، ومنطقة المياه المظلمة ، غنية بالكائنات عضوية التغذية (الهتروتروفية) ، وعندما تتكون رواسب القاع أساسا من مواد عضوية ، فإن البكتريا اللاهوائية هى التى تسود . وتستطيع بكتريا قاع البحر ، مهاجمة كل المواد العضوية الموجودة به ، وتقوم بعض البكتريا اللاهوائية ، بتحويل تلك المواد العضوية، إلى مواد شبيهة بالبترول .

ومن أنواع البكتريا التى عزلت من رواسب قاع المحيطات ، تلك التى تقوم بتحليل السكريات، والنشا ، والسليلوز، والكيتين ، والدهون ، والبروتينات، واليوريا ، وتلك التى تقوم بعملية اختزال النترات، وإختزال الكبريتات ، وقد تصل اعداد البكتريا بتلك الرواسب إلى ١٠^٨/ جم .

البكتريا المنتجة للضوء Photogenic bacteria

يوجد فى البحار ، عدة أنواع من البكتريا المنتجة للضوء ، وقد تسمى بالبكتريا المضيئة Luminous bacteria، وهى بكتريا محبة للبرودة، والملوحة ، ومعظمها سالب لصبغة جرام .

توجد هذه البكتريا متوطنة فى مياه البحر ، وقد تعيش فى حالة تعاون مع كائنات بحرية أخرى كالأسماك ، غير أن أغلبها لا يبث الضوء ، إلا في مياه ملوحتها تعادل ملوحة مياه البحر ، أى حوالى ٣٪ ، وفى وجود الأكسجين .

ومن البكتريا المضيئة التى عزلت من اسماك بحرية
Photobacterium phosphoreum, Vibrio pierantonii

دور الكائنات المجهرية فى الأوساط المائية

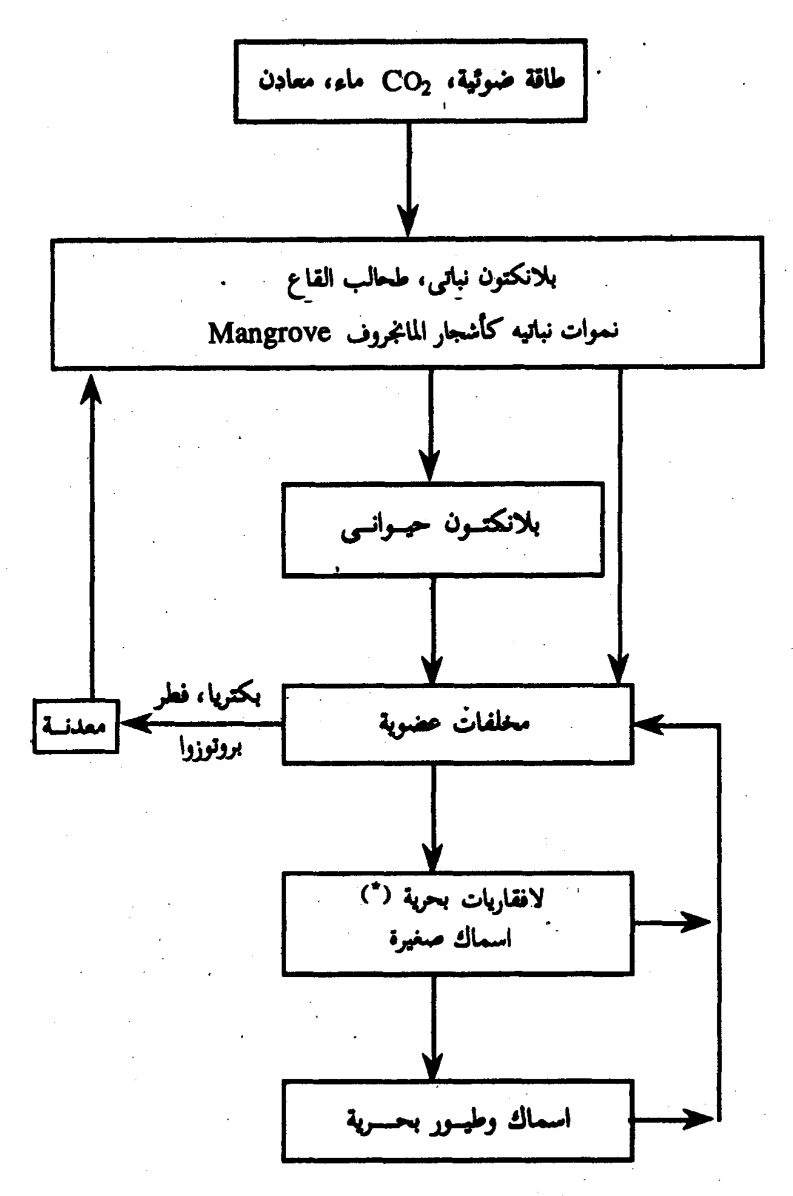
Role of microorganisms in aquatic environments

تشكل الحياة فى الأوساط المائية ، مجموعة من العلاقات المتبادلة ، بين الكائنات الدقيقة وبعضها ، وبين الكائنات الدقيقة والكائنات الأخرى الكبيرة ، نباتية كانت أو حيوانية ، فتلعب الكائنات الدقيقة ، خاصة الطحالب والبروتوزوا ، دورا أساسيا فى السلسلة الغذائية بالأوساط المائية، كما أن الأنواع المتعددة من البكتريا ، تحدث تغيرات بيوكيميائية فى العديد من المواد، مما يسمح بإعادة تدوير العناصر، ومعدنتها .

١- السلسلة الغذائية Food chain

من المعروف ، أن الطبقات السطحية من المياه، بيئة مناسبه لنمو الطحالب . وبنمو الطحالب ، تتوفر المادة العضوية، فيصبح الوسط مناسبا لنمو البكتريا الرمية، التى تتغذى على المواد الميتة . وبموت الطحالب والبكتريا، تصبح غذاء للأحياء الأخرى (شكل ٢-٢)، وعندما ترسب فى القاع، تصبح غذاء للبكتريا اللاهوائية .

وفى الحقيقة ، فإن النشاط البيولوجى فى الوسط المائى ، يعتمد على مدى نشاط الكائنات الممثلة للضوء، الموجودة بهذا الوسط . إذ تعتبر تلك الكائنات، المراعى البحرية Pasture of the sea للكائنات الأخرى. فالكائنات الممثلة للضوء الموجودة بالبلانكتون النباتى ، مثل السيانو بكتريا ، والطحالب حقيقية النواة ، تعتبر، كما ذكر سابقا، المنتجات الأولية للمادة العضوية Primary producers ، فهذه الكائنات أثناء قيامها بعملية التمثيل الضوئى، تحول الطاقة الضوئية إلى طاقة كيميائية ، وتكون المواد العضوية اللازمة للكائنات الأخرى غير الممثلة للضوء. وإضافة إلى ذلك ، فإن النباتات النامية ، تشارك أيضا فى توفير المواد العضوية ، بما يتخلف عنها من اوراق، وسوق، وجذور، ومخلفات .



شكل ٢ - ٢ : رسم تخطيطى مبسط يوضح دورة السلسلة الغذائية بالبحار .

* مثل الجمبرى، الكريل Krill (قشريات) ، الحشرات ، الديدان ... الخ .

وتعتمد أساسا ، خصوبة المحيط Ocean fertility، أى قدرته على انتاج مواد عضوية ، بواسطة ما يحتويه من كائنات ، على مقدار ما ينتجة من بلانكتون نباتى. وهذا يعتمد على توفر الضوء ، وثانى اكسيد الكربون ، والماء ، والنتروجين، والفوسفور غير العضوى ، والعناصر المعدنية الأخرى، وتأتى عناصـر النتـروجين والفوسفـور والمعـادن، من خلال معدنة المواد العضوية ، بواسطة الكائنات الدقيقة ، خاصة البكتريا :

٢- الدورات البيوكيميائية للعناصر Biochemical cycles

تتكون المواد العضوية الموجودة بالمياه ، نتيجة للأنشطة النباتية والحيوانية والميكروبية. ويعتبر تحلل تلك المواد العضوية فى الأوساط المائية، ومعدنتها إلى ثانى اكسيد كربون ، وماء ، وعناصر غذائية ، ومعادن، من أهم الأنشطة الحيوية، التى تقوم بها الكائنات الدقيقة.

وتحت الظروف الهوائية ، تكون أهم نواتج التحلل ، ثانى اكسيد كربون ، امونيا ، كبريتات ، فوسفات ، وهذه النواتج، تشكل العناصر الغذائية الضرورية لنمو النباتات ، بما فى ذلك البلانكتون النباتى .

وتحت الظروف اللاهوائية ، تنتج موادا مختزلة مثل الميثان ، الإيدروجين، كبريتور الإيدروجين ، وذلك بالإضافة إلى ثانى اكسيد الكربون، والأمونيا ، والفوسفات .

ومن الدورات البيوكيميائية الهامة للعناصر ، التى تتم فى الأوساط المائية، بواسطة الأحياء المجهرية : دورة الكربون ، دورة النتروجين ، دورة الكبريت ، دورة الفوسفور . ويمكن الرجوع إلى تفاصيل هذه الدورات ، فى الفصل الخامس ، الخاص بميكروبيولوجيا الأراضى .

٣- رواسب قاع البحار Marine sediments

يرسـب فى قـاع البحـر ، كميـات كبيـرة من المـواد الدياتومية Diatomaceous materials . وتأتى هذه المواد، من الكائنات التى لها جدار، يدخل فى تركيبه السليكا ، مثل طحالب الدياتومات Diatoms ، والبروتوزوا مثل :

Foraminifera, Radiolaria, Silico-flagellates

وتختلف سمك طبقة السليكا بإختلاف نـوع الكائـن . وتساعد السيانوبكتريا على ترسيب كربونات الكالسيوم بالقاع ، وهذا يعمل على تكوين الحجر الجيرى .

وتوجد هذه الكائنات الدقيقة بالبلانكتون النباتى والحيوانى ، وعندما تموت ، تهبط إلى قاع البحر ، حيث تتجمع المخلفات الدياتوميه ، والرواسب الكلسية ، فى طبقات ، قد تكون رقيقة ، أو سميكة فى بعض الحالات ، كما فى الرواسب الكلسية الطباشيرية ، بانجلترا وفرنسا .

وتلعب مجهريات القاع البحرية اللاهوائية ، دورا هاما فى تحولات وترسبات الحديد والمنجنيز والكبريت ، برواسب قاع المحيطات ، وكذلك فى تكوين الرواسب البترولية ، نتيجة لتحلل المواد العضوية المتراكمة بالقاع .

References

Droop, M.R. and H.W. Jannasch (eds.), (1977). Advances in aquatic microbiology. Academic Press, New York. A series of Volumes, began to appear in 1977.

Fogg, G.E. (1975). Algal cultures and phytoplankton ecology, 3 rd Ed. University of Wisconsin Press, Madison, USA.

Rheinheimer, G. (1980). Aquatic microbiology, 2nd Ed. Wiley, New York.

الفصل الثالث

ميكروبيولوجيا مياه الشرب

- مقدمة
- تنقية مياه الشرب
- الكشف عن الميكروبات المرضية
- تقدير صلاحية المياه للإستعمال الآدمى
  - الإختبارات الطبيعية والكيميائية
  - المواد الإشعاعية
  - الإختبارات البكتريولوجية
    - احتياطات عند أخذ العينات
    - إختبار التلوث بمياه المجارى
    - طريقة المرشحات الغشائية
    - إختبار تركيز الكولاى
    - عدد البكتريا الكلى بالماء
    - إختبارات أخرى باستخدام كاشفات التلوث الحيوية
- ميكروبات توجد بالمياه وتسبب بعض المتاعب
- حمامات السباحة
- الأمراض المنقولة عن طريق المياه
- المراجع

الفصل الثالث

ميكروبيولوجيا مياه الشرب
Drinking Water Microbiology

مقـدمة

تحصل معظم المجتمعات على المياه اللازمة للشرب ، من المياه السطحية ، كمياه الأنهار والبحيرات ، وهى مياه عرضة دائما للتلوث من مخلفات المنازل ، والمزارع ، والمصانع . وتزداد حدة مشاكل التلوث ، بإزدياد عدد السكان ، لزيادة ما ينتج عنهم من مخلفات .

وتسبب المياه الحاملة ، لميكروبات مرضية ، مشاكل صحية خطيرة ، إذ ينتقل عن طريق المياه ، الميكروبات المعوية المرضية Enteric disease microbes ، التى تسبب عدوى للجهاز المعوى ، مثل بكتريا التيفود ، والكوليرا، والدوسنتاريا الباسيليه، والأميبية ، وفيروسات شلل الأطفال ، والإلتهاب الكبدى الوبائى ، وتوجد هذه المسببات المرضية ، فى بول وبراز المرضى وحاملى العدوى ، وتنساب هذه الميكروبات مع مياه المجارى ، فتنتقل إلى مياه الشرب وتلوثها.

لذلك ، فإن معالجة مياه المخلفات ، للقضاء على مابها من ميكروبات مرضية ، وذلك قبل التخلص منها ، بالقائها فى بحر أو نهر ، تعتبر عملية حيوية ، كما وأن تنقية مياه الشرب ، قبل الإستعمال ، تعتبر أيضا من العمليات الضرورية ، لحماية المستهلكين ، مما تحمله المياه من ميكروبات مرضية .

والمصطلحات التالية دارجة الاستعمال ، فى مجال ميكروبيولوجيا مياه الشرب

١- المياه الصالحة للشرب Potable water

وهى مياه ، عديمة اللون والطعم والرائحة ، خالية من المواد المعلقة، والمواد الكيميائية ، والمواد المشعة ، والميكروبات المرضية .

٢- مياه غير صالحة للشرب Non-potable water

هذه المياه ، عكس المياه السابقة الصالحة للشرب ، تنقص أى شرط من الشروط الخاصة بالمياه الصالحة للشرب ، فقد تحتوى على معلقات، أو كيماويات ، أو مواد مشعة ، أو ميكروبات ضارة بالصحة .

٣- مياه ملوثة Polluted water

هذه المياه ملوثة بمواد ضارة ، كالكيماويات والميكروبات المرضية، لذلك فهى غير صالحة للشرب ، لأنها تعرض صحة الإنسان للخطر ، كما تسبب أضرارا كبيرة للحيوان والأحياء المائية ، وتلوث التربة أيضا .

وتتلوث المياه العذبة ، من عدة مصادر ، منها

- الأمطار الحامضية

وينتج المطر الحامضى ، من تلوث الجو بغازات المصانع ، حيث تتفاعل أكاسيد الكبريت وأكاسيد النتروجين ، الموجودة بأدخنة المصانع ، مع بخار الماء الموجود بالجو أو بالسحب ، فيتكون حامضى الكبريتيك والنتريك ، ويصبح المطر حامضيا .

- مخلفات الصرف الصحى (مخلفات المجارى)

وتعتبر هذه المخلفات ، المصدر الأساسى لتلوث مياه الشرب بالميكروبات المعوية المرضية .

- مخلفات النشاط الصناعى للإنسان

وتحمل هذه المخلفات ، الكثير من المعادن الثقيلة ، كالنحاس ، والكروم ، والكادميوم ، والزنك ، والزئبق وغيرها ، وقد تحمل المخلفات الصناعية موادا مشعة .

- المخلفات الزراعية

تحمل هذه المخلفات ، متبقيات المخصبات الزراعية ومبيدات الآفات ، التى قد تصل مع مياه الرى والصرف ، إلى موارد المياه العذبة .

عموما ، فإن مياه المناطق الحارة ، تكون مشجعة لنمو الميكروبات المرضية ، عن مياه المناطق الباردة ، إذ أن برودة المياه تحد من نمو هذه الميكروبات ، كما أن مشكلة التلوث بمخلفات المجارى ، تزداد حدتها فى الدول النامية ، حيث معدل الزيادة السريع فى عدد السكان ، وعجز الموارد الماليه عن علاج التلوث الناتج ، وجهل الأفراد بإهمية المحافظة على المياه من التلوث .

تنقية مياه الشرب Water Purification

إذا لم يتيسر الحصول على مصدر ماء ، خالى من التلوث ، فإنه يجب تنقية الماء ، حتى يصبح صالحا للإستهلاك الآدمى ، بإستخدام الخطوات التالية (انظر شكل ٣-١) .

١- وقاية مصدر المياه من التلوث بمياه المجارى

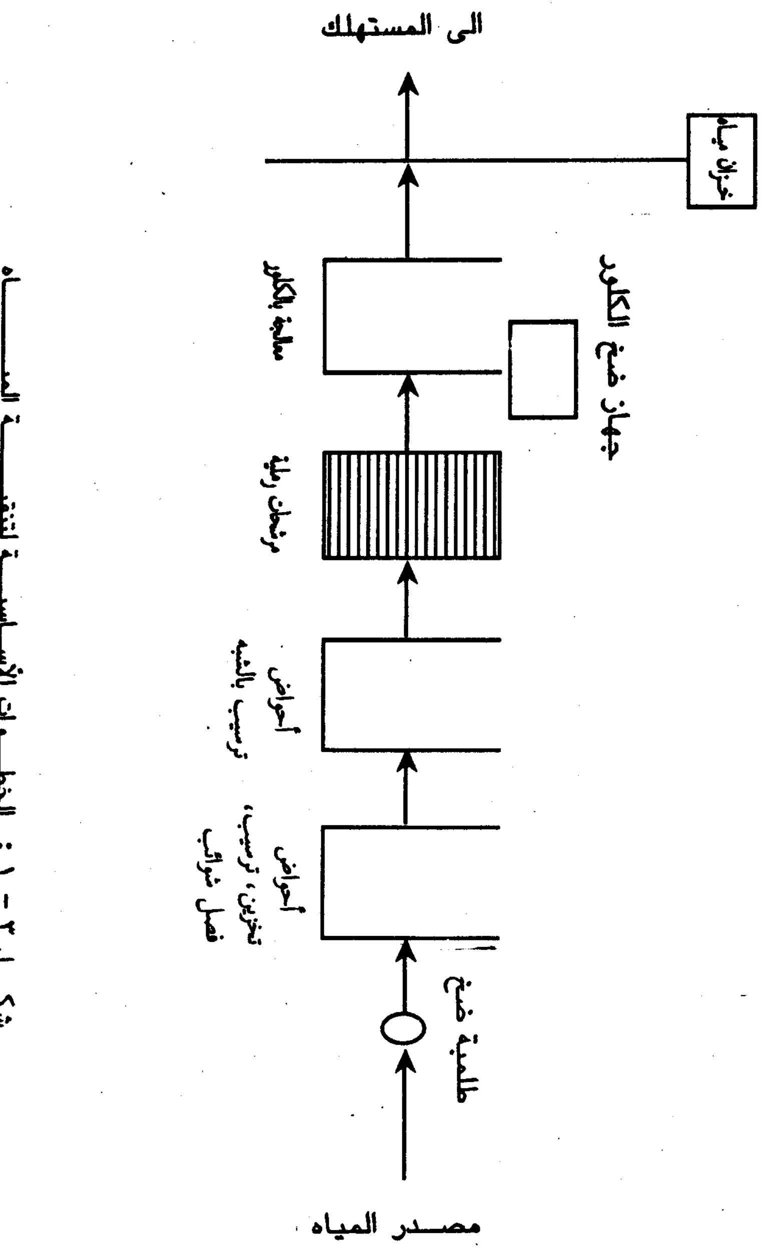
يعتبر تلوث مياه الشرب بمياه المجارى ، أهم وأخطر مصادر التلوث، فهو الطريق الوحيد ، من الناحية العملية ، التى تصل عن طريقها الميكروبات المرضية ، إلى ميـــاه الشرب ، وينتج ذلك من مرور مصادر مياه الشرب بجوار مصدر مجارى ، فترشح مياه المجارى إلى قنوات المياه ، أو ينتج التلوث من صرف مخلفات المجارى ، فى نهر ، أو مصدر لمياه الشرب .

لذلك ، فانه يلزم معالجة مياه المجارى ، والتخلص منها بالطرق الصحية والتى ستذكر بالفصل الرابع. علما ، بأن مياه المجارى بالمدن ، تجمع فى مواسير مغلقة ، بعيدة عن مواسير مياه الشرب ، حتى لاتتسرب اليها ميكروبات مياه المجارى ، ثم يجرى التخلص منها .
وبذلك ، يعتبر ازالة مصدر التلوث ، والوقاية من التلوث بمياه المجارى ، بداية الخطوات التى تتبع فى تنقية مصدر المياه .

٢- الترسيب Sedimentation

بترك المياه ساكنة لمدة من الزمن ، فى خزانات أو أحواض ترسيب ، فانه ، يرسب ما بها من مواد عالقة وميكروبات الى القاع . ولزيادة سرعة الترسيب ، تضاف الشبه (كبريتات الالومونيوم والبوتاسيوم) ، أو أملاح الحديد (كبريتات الحديديك) الى الماء ، لزيادة سرعة تجمع الحبيبات ، وتكوين معلق غروى ، يرسب سريعا ، حاملا معه الاحياء الدقيقة والاجسام المعلقة .

وعملية الترسيب ، تقلل من المحتوى الميكروبى للمياه ، ولكنها لاتعتبر بمفردها كافيـــة لتنقية المياه ، تنقية تامة مما بها من ميكروبات ، ولذلك فهى تعتبر خطوة اولى فى عملية التنقيـــة .



شكـــل ٣ - ١ : الخطـــوات الأساسيـــة لتنقيـــة الميـــاه

٣- الترشيـــح Filtration

ويتم ذلك بامرار الماء على طبقات متعاقبة ، من الحجارة والحصى والرمل الخشن والناعم ، وبذلك تحجز هذه الطبقات - خاصة طبقة الرمل الناعم - معظم المواد العالقة ومعظم الميكروبات من المرور . وعندما يستمر تشغيل المرشح ، تتكون طبقة جيلاتينية من الميكروبات والمواد العضوية ، تملأ المسافات الموجودة بين حبيبات الرمل الناعم ، فتزيد من كفاءة الترشيح، ولكنها فى نفس الوقت تقلل من سرعته . وعند حدوث ذلك يجب تنظيف المرشح .

يمكن أن يتم الترشيح ، بالطريقة البطيئة أو بالطريقة السريعة ، ففى الطريقة البطيئة ، تلزم مساحات كبيرة نسبيا ، اما فى الطريقة السريعة ، فيكون الترشيح فى عدة وحدات ، حتى يمكن تشغيل بعضها مع تنظيف البعض الآخر، مع اضافة الشبه أو أملاح الحديديك لزيادة سرعة الترسيب ، وتمرر المياه المرشحة ، أما تلقائيا ، أو تحت ضغط .

والترشيح ، لا يعتبر الخطوة النهائية فى عملية التنقية ، لانه لايزيل كل الاحياء الدقيقة الموجودة بالمياه ، بل يتبقى بعضا منها، فالمرشحات الرملية التى تعمــل بطريقـــة صحيحة ، تحجــز حـــوالى ٩٠ - ٩٩٪ من الاحياء الدقيقة ، وتحجز كذلك معظم المواد العالقة ، وهذا يسهل اجراء التنقية النهائية للماء ، للتخلص مما بقى به ، من الاحياء الدقيقة .

٤- التطهير بإضافة الكلور (الكلورة) Chlorination

تعتبر هذه الخطوة غالبا ، آخر عمليات تنقية المياه ، وفيها يضاف الكلور أو مركباته ، إلى المياه لتطهيرها ، وعند إضافة الكلور إلى الماء ، يحدث التفاعل الآتى

$$Cl_2 + H_2O \longrightarrow HCl + HOCl \text{ (Hypochlorous acid)}$$

$$HOCl \longrightarrow HCl + O \text{ (Nascent oxygen)}$$

وبذلك ينتج أكسجين نشط حديث التولد ، قادر على قتل الميكروبات الدقيقة ، عن طريق اكسدة محتوياتها ، وهذا بالاضافة ، الى أن للكلور تأثير قاتل ، عن طريق اتحاده المباشر ببروتين الخلية .

وقـــد يضـــاف الكلـــور مـــع الامـــونيـــا ، فيتكون احادى الكلورامين Monochloramine ، الذى يتحلل ببـــطء ، ويمنع الفقد السريع للكلور، وهـــو يعتبر من العوامل المبيدة ، الا أنه أبـــطأ فى التأثير من الاكسجين النشط.

$$NH_4OH + HOCl \longrightarrow 2H_2O + NH_2Cl \quad \text{(Monochloramine)}$$

وقـــد يستعمـــل مسحـــوق قصـــر الالـــوان Bleaching powder ، وهـــو Calcium hypochlorite ، فى صورة محلول أو أقراص ، بدلا من الكلور ، فى تنقية المياه لسهولة استعماله . وهو مع الماء يعطى التفاعل التالى

$$Ca(OCl)_2 + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + 2HOCl$$

$$HOCl \longrightarrow HCl + O$$

وتتوقف كمية الكلور أو مركباته التى تضاف الى الماء ، على عوامل عديدة منها

١- تركيز الكلور ومدة التأثير .

٢- عـــدد وأنواع الاحياء الدقيقة الموجـــودة بالمـــاء
فالبكتريا الخضريـــة ، والسالبـــة لصبغة جـــرام ، شديدة الحســـاسية للكلـــور ، بينمـــا البكترياالمتجرثمـــة ، والجراثيم الحره ، والبكتريـــا الموجبـــة لصبغة جرام ، والبكترياالصامـــدة للأحمـــاض ، والبروتوزوا المتحوصلة ، مقاومة لتركيزات الكلـــور المستعملة عـــادة .

٣- كمية المادة العضوية خاصة البروتينية الموجودة بالماء
فالكلور يتحد بالمادة العضوية ، فيقل تركيزه ، وتضعف فاعليته .

٤- درجة الـــ pH ، ودرجـــة الحـــرارة
فتزيد سرعة تفكك الكلور فى الوسط الحامضى ، وفى الحرارة العالية ، فيقل تأثيره .

وفى أغلب الاحوال ، يستعمل غاز الكلور المضغوط الى سائل لتنقية مياه الشرب ، مع استعمال اجهزة خاصة للإضافة ، لضبط الكمية الداخلة الى الماء .
ولتنقية المياه ، تضاف كمية كافية من الكلور ، تكفى لتنقية المياه ، ويتبقى بعد ٢٠ دقيقة من اضافتــه ، ٠,٢ الى ٢,٠ مجم / لتر (جزء فى المليون) على الاقل ، من الكلور الفعال المتخلف Residual chlorine ، فوجود هذه النسبة ، يدل على ان كمية الكلور المضافة ، كانت كافية لقتل الميكروبات الحساسة ، مع تبقى جزء منه كاحتياط وقائى ، ضـــد احتمالات التلوث الاخرى .

وتزداد النسبة المضافة من الكلور ، اذا زاد عدد الميكروبات بالماء ، او احتوى الماء على مواد عضوية ، أو مواد قابلة للأكسدة ، وأيضا ، حسب الظروف الصحية بالمنطقة .

بعد معالجة المياه بالكلور ، توزع هذه المياه على المستهلكين ، بواسطة مواسير مقفلة ، بعيدة عن مياه المجارى ، حتى لاتتسرب اليها الميكروبات ، وتتلوث مرة أخرى .

٥- اضافة الفلور (الفلورة) Fluoridation

تهتم بعض الدول ، بإضافة الفلور الى ماء الشرب قبل توزيعه على المستهلكين ، لما لذلك ، من تأثير على تقليل نسبة التسويس فى الأسنان Dental caries ، وتآكلها Tooth decay ، خاصة فى الاطفال الصغار ، الذين ما زالت أسنانهم فى مرحلة التكوين .

ويضـــاف الفلور ، فى صورة فلـــوريد الصـــوديوم ، أو سيليكو فلوريد الصـــوديوم أو الامـــونيوم، ليعطى فلـــور متخلف Residual fluorine ، قدره ١ جزء فى المليون ، وهى نسبة كافية لايقاف التسويس بأسنان الأطفال .

وتأثير ايون الفلور ، على منع التسويس غير معروف بالضبط ، وقد يعود الى اتحاده المباشر مع الأسنان نفسها ، أو الى تداخله مع إنزيمات البكتريا المنتجة للاحماض الموجودة بالفم ، وهى المسببة للتسويس ، أو الى عوامل اخرى .

قد تتضمن تنقية المياه ، بعض العمليات الأخرى ، مثل إزالة أملاح معادن الكالسيوم والمغنسيوم ، المسببة لعسر الماء ، بترسيبها بإضافة الجير، وضبط الرقم الايدروجيني ، إذا كانت المياه شديدة الحموضة أو القلوية ، وإزالة الألوان والطعم ، غير المرغوب فيه .

بعض الطرق الاخرى المستعمله فى تنقية المياه

الغلـــى

غليان الماء لمدة ١٠ دقائق ، يكون كافيا لقتل الميكروبات الممرضة غير المتجرثمة ، والخلايا الخضرية الاخرى ، الموجودة بالماء .

الاشعة فوق البنفسجية

تستعمل هذه الطريقة ، لمعالجة المياه المعبأة فى زجاجات ، لانها لاتعطى لها اى طعم ، وهذه الطريقة مجدية ، فى المياه الخالية من المواد العضوية ، والمحتوية على عدد قليل من الميكروبات .

الكشف عن الميكروبات المرضية (كاشفات التلوث الحيوية) Bio-indicators

الكشف عن الميكروبات المرضية بالماء ، امر بالغ الصعوبة ، اذ ان هذه الميكروبات ، قد توجد بأعداد قليلة ، مما يجعل من الصعب عزلها فى مزارع نقية ، كما انه ليس من السهل تمييزها بالشكل الخارجى ، عن الميكروبات الاخرى غير المرضية ، فاذا ما اريد الكشف عنها ، وتمييزها عن غيرها ، فإن ذلك يتطلب عملا ومجهودا كبيرا ، ووقتا طويلا قد يحدث أثناءه خطر ، وبالرغم من ذلك ، فقد لايتوصل الى نتائج مرضية . لكل هذه الصعوبات ، فانه يلجأ للكشف عن الميكروبات المرضية ، بطريقة غير مباشرة .

ونظرا لان اهم الامراض التى تنتقل عن طريق المياه ، هى التيفود ، والباراتيفود ، والكوليرا ، والدوسنتاريا ، والفيروسات المعوية ، وهى كلها تتسبب عن ميكروبات معوية ، تأتى من المواد البرازية ، لذلك ، فإن وجود مياه مجارى فى مياه الشرب ، يدل على أن هذه المياه خطرة ، اذ قد تحتوى على واحد أو اكثر من الميكروبات المرضية ، السابق الإشارة إليها. ومن المعروف ، أن أمعاء الإنسان ، والحيوانات ذات الدم الحار ، تحتوى على أعداد كبيرة من الميكروبات ، أغلبها من النوع غير الضار ، ومن هذه الميكروبات Escherichia coli ، الذى يوجد بكثرة فى البراز .

وعلى ذلك ، فإن وجود ميكروب E. coli فى ماء الشرب ، يؤخذ كدليل حيوى Bioindicator, Indicator organism ، على تلوث هذه المياه ، بمياه المجارى ، إذ تعتبر هذه الميكروبات كاشفات للتلوث . ويعنى هذا ، أن المياه التى يوجد بها كاشفات التلوث ، مثل E. coli ، يحتمل أن يوجد بها ميكروبات مرضية معوية ، مثل التيفود ، والباراتيفود ، والكوليرا ، والدوسنتاريا ، والفيروسات المعوية ، مثل تلك المسببه لشلل الأطفال .

تنتمى بكتريا E. coli، إلى ما يسمى بمجموعة بكتريا القولون Coliform، وقد تسمى هذه المجموعة أيضا بأسم Colon group, Coli-aerogenes group ، وتتصف ، أفراد هـذه المجموعة ، بأنها ، عصوية قصيرة ، سالبه لصبغة جرام ، غير متجرثمة ، متحركة ، اختيارية للهواء ، تحلل سكر اللاكتوز ببيئة بويون اللاكتوز ، وتنتج حامضا وغازا .

والأسباب التى دعت لإختيار E. coli ، كدليل حيوى للكشف عن التلوث، هى أن الكشف عن بكتريا E. coli ، ميسور ، بالإضافة إلى أن هذه البكتريا من السهل تداولها ، فهى غير ممرضة ، ولا تضر القائمين بالعمل ، ومصدرها برازى ، وتوجد دائما بالمياه الملوثه ، مادامت البكتريا المرضية موجودة بها، وتعيش بالمياه لمدة أطول من الميكروبات المرضية ، والمياه السليمة غير الملوثة ، خالية من بكتريا E. coli .

ونظرا لأن بكتريا E. coli مصدرها برازى Fecal ، بينما يوجد افراد أخرى من بكتريا القولون ، مصدرها غير برازى Non-fecal ، وقادرة أيضا على تحليل سكر اللاكتوز ، لحامض وغاز ، مثل بكتريا Enterobacter aerogenes ، التى توجد على النباتات ، والحبوب ، وفى التربة ، ومثل بكتريا Klebsiella التى مصدرها القناة التنفسية ، لذلك ، فإنه بعد الكشف عن مجموعة بكتريا القولون بالمياه، فإنه يجب التمييز بين الميكروبات المحلله لسكر اللاكتوز ، البرازية ، وغير البرازية ، حتى يتسنى الحكم بدقة ، على تلوث مياه الشرب بمياه المجارى ، أما باقى البكتريا المعوية ، مثل Proteus, Salmonalla, Shigella، فهى غير محللة لسكر اللاكتوز .

تقدير صلاحية المياه للإستعمال الآدمى

نحكم على صلاحية المياه للإستعمال ، بعد أن نجرى عليها، مجموعة من الإختبارات الطبيعية ، والكيميائية ، والإشعاعية ، والميكروبيولوجية. وتجرى هذه الإختبارات أيضا، بشكل دورى ، لمتابعة الظروف الصحية لمياه الشرب.

ويمكن معرفة الخطوات العملية لإجراء هذه الإختبارات ، بالرجوع الى أحد المراجع المتخصصة ، مثل مرجع

Standard methods for the examination of water and wastewater. 15th Ed., 1980. Published by American Public Health Association, New York.

وفى الصفحات التالية ، سنستعرض بعض النقاط الهامة ، الخاصة بهذه الإختبارات .

الإختبارات الطبيعية والكيميائية

من الإختبارات الطبيعية والكيميائية التى تجرى ، تقدير تركيز أيون الإيدروجين pH ، الإحتياج الاكسجينى الحيوى Biological oxygen demand,(BOD)، الأملاح الكلية الذائبة ، الكلوريدات ، الأمونيا ، النتريت ، النترات ، أملاح الكالسيوم والمغنسيوم التى يدل وجودها على درجة عسر الماء ، كما يكشف عن وجود الرصاص ، النحاس ، الحديد ، المنجنيز ، الزئبق ... وغيرها من المعادن والأملاح ، التى قد توجد بكميات ، تجعل المياه ضارة .

والجدول (٣-١) ، يوضح متوسط نتائج تحاليل عينات من ماء النيل، ومن مياه مجارى حديثة ، من منطقة القاهرة .

جدول ٣-١: متوسط بعض التحاليل الطبيعية والكيميائية ، لعينات مياه مأخوذة من منطقة القاهرة ، عام ١٩٩٠.*

التحليل		ماء النيل خام	ماء مجارى حديثة
تركيز أيون الإيدروجين		٨,٣	٧,٢
الأملاح الكلية الذائبة	مجم / لتر	١٢٠	٥٠٠
المتبقى على درجة ١٠٥°م	مجم / لتر	٢٠٠	١١٠٠
امونيا حره	N مجم / لتر	٠,١٦	٢٦,-
نتروجين عضوى	N مجم / لتر	٠,٤	٨,-
نترات	N مجم / لتر	صفر	صفر
نسبة ك / ن	C / N ratio	١٠	١٤
الاحتياج الاكسجينى الحيوى مجم اكسجين / لتر بعد خمسة أيام	BOD	٣	٣٠٠

* Ref.: Annals Agric. Sci., Ain Shams Univ., Cairo, 38(2), 461 - 466, 1993.

وفى المواصفات الأمريكية ، فإن الماء الصالح للشرب ، يجب أن يحتوى من الناحية الكيميائية ، على أجزاء فى المليون ، اقل من

٥٠٠ مواد صلبة كلية ، ٢٥٠ كلوريدات وكبريتات ،
١٢٥ مغنسيـــــوم ، ١٥ زنـــك ، ١,٥ فلور ،
٠,٣ نحـــــاس ، ٠,٣ حـديـد ومنجنيـز ،
٠,١ رصـــــاص ، ٠,٠٥ زرنيخ وسيلينيـوم ،
٠,٠٠١ فينــــول

وتفيد نتائج الإختبارات الطبيعية والكيميائية للمياه ، فى معرفة تاريخ المياه ، وفى التنبيه إلى خطر محتمل ، كما يحدث فى حالة ملاحظة ارتفاع نسب بعض العناصر عن معدلاتها ، مثل الأمونيا ، والكلوريدات .

وتمتاز الإختبارات الطبيعية والكيميائية ، بسهوة إجرائها ، وسرعة الحصـــول على نتـــائج منهـا ، عكس الحـــال فى حـــالة الإختبـــارات الميكروبيولوجية، الصعبة فى إجرائها ، والتى تظهر نتائجها بعد وقت أطول، ولكنها تفيد فى إعطاء حكم مباشر ، على صلاحية الماء للإستعمال ، وعن حدوث تلوث بمياه المجارى .

ويمكن من نتائج الإختبارات الكيميائية للمياه ، الاستدلال على مايلى

- يدل إنخفاض الرقم الإيدروجينى ، على زيادة حموضة المياه ، والحموضة المرتفعة ضارة بالصحة ، وتزداد حموضة المياه في المناطق الصناعية، نتيجة تلوث المياه من مخلفات المصانع ، أو من الأمطار الحامضية.

وتعمل محطات تنقية المياه ، على توفير مياه للمستهلك ، متعادلة التأثير، أو تميل قليلا للقلوية .

- يـــدل إرتفـــاع مقيـــاس الاحتيـــاج الأكسجينـــى الحيـــوى للميـــاه، Biological oxygen demand, (BOD) ، على وجود مواد عضوية ملـوثة بالمياه ، بنسبة مرتفعة ، وهذه المواد تناسب وجود الميكروبات المرضية ، وتؤدى إلى بقائها بالماء ، لمدة أطول .

والإحتياج الأكسجينى الحيوى ، مقيـــاس لكمية الأكسجين التى تستهلكها الكائنات الدقيقة ، خلال قيامها بأكســدة المــواد العضوية الموجودة بالمـــاء ، وتمثيلها بخلايـــاها ، حيث يتم فى هـــذا الإختبار ، تقدير كميـــة الأكسجين ، التى تمتصهـــا عينة من الماء ، محضنة على درجة ٢٠°م لمدة خمسة أيـــام .

ويؤخذ هـــذا المقيـــاس ، كـــدليل ، للتعبير عن كميـــة المـــادة العضوية الموجـــودة بالميـــاه ، ويستخـــدم أيضا لتقدير مدى نجاح النظام المستخدم ، لمعالجة المياه ، أو مخلفات المجارى .

- يـــدل وجود نسبـــة مرتفعة من الكلوريدات بالماء (أكثر من ٥٠ مجم / لتر مـاء) ، على احتمـــال وجود مياه مجارى مختلطة بمياه الشرب ، لأن البول يحتوى على نسبة مرتفعة من الكلوريدات .

- يـــدل وجـــود نسبـــة مرتفعـــة من الأمونيـــا بالمياه (اكثر من ٠,٥ مجم أمونيا / لتر ماء) ، على حدوث تلوث بمياه المجارى ، لأن البول يحتوى على نسبة مرتفعة من اليوريا ، التى تتحلل بسرعة ، إلى أمونيا ، و CO_2 .

وتتحول الأمونيا عادة ، إلى نتريت ، ثم إلى نترات ، ووجود نسبة عالية من النتريت بالماء (اكثر من ٠,٢ مجم NO_2 / لتر مـــاء) ، يـــدل على أن تلوث الماء بمياه المجارى ، تلوثـــا حديثـــا ، بينما يدل وجـــود نسبة مرتفعة من النترات (اكثر من ٥ مجم NO_3 / لتر ماء) ، على أن التلوث قديم .

تتحـــد الأمينات ، الناتجة من تحلل المخلفات العضوية الملوثة للمياه ، مع النيتريت ، ويتكون نيتروز أمين Nitrosamine ، وهى مادة مسرطنة ، وقـــد وجـــدت هذه المادة فى المياه الطبيعية ، بنسب تتراوح بين ٠,١ الى ٢,٧ ميكروجرام / لتر ماء ، غير أن وجودها فى مياه الشرب ، غير مرغوب .

- وجـود نسبة مرتفعة من أمـــلاح الكالسيوم والمغنسيوم بالماء ، دليل على عسر الماء ، مما يستلزم معالجته كيماويا ، بالترسيب بإضافة الجير . وتسبب كبريتات المغنسيوم ، مرارة بالماء.

- يدل وجود المعادن الثقيلة بالمياه ، على حدوث تلوث من مخلفات المصانع، مما يستدعى الحذر ، وإتخاذ الإجراء المناسب .

المواد الإشعاعيـــة

قد تختبر مياه الشرب للمواد الإشعاعية ، خاصة مياه المناطق التى يوجد بها نشاط إشعاعى ، من مفاعلات ، أو تفجيرات ، أو تجارب ، أو نفايات ... الخ .

وتعتبر منظمة الصحة العالمية ، أن الحد الأقصى المسموح به ، لوجود مواد ذات نشاط إشعاعى فى لتر من الماء ، هو

- ١,- ميكرو ميكروكورى ، للمواد التى تنبعث منها أشعة ألفا .
- ١٠,- ميكروكورى ، للمـواد التى تنبعث منهـا أشعـــة بيتا .

الاختبارات البكتريولوجية

احتياطات عند أخذ العينات

يجب أن تكون العينة المأخوذة ، ممثلة تماما لمورد المياه المراد إختباره ، وتؤخذ العينات تحت شروط التعقيم ، مع سرعة إجراء التحليل ، حتى لايحدث تغير فى المحتوى الميكروبى ، وإلا فتحفظ العينات فى ثلاجة من ٥ - ١٠°م ، لمنع حدوث أى تغير بالعينة .

ويراعى عند أخذ عينات المياه

- إذا كانت العينة من ماء حنفيه
  تعقم فوهة الحنفية باللهب ، ثم تترك مفتوحة لمدة ٥ دقائق ، قبل أخذ العينة .

- إذا كانت من مياه طلمبات
  تترك الطلمبة تعمل لفترة من الزمن ، تكفى للتخلص من المياه المخزنه بالمواسير ، وذلك قبل أخذ العينة .

- إذا كانت من مياه معاملة بالكلور
  يوضع فى زجاجات جمع العينات ، ٠,٠٢ جم مسحوق ثيو سلفات الصوديوم لكل لتر ، حيث تتحد هذه المادة مع الكلور المتبقى بالمياه ، فتوقف تأثيره .

- إذا كانت العينة من مياه جارية
  توجه فتحة زجاجة جمع العينات ، لتكون عكس التيار .

- اذا كانت العينه من مياه ساكنة
  تؤخذ العينات من تحت سطح الماء ، لتجنب التلوث من المخلفات التى على السطح .

وتوجد طرق عديدة ، للحكم على صلاحية المياه للاستعمال والشرب، ولكن اسلم هذه الطرق ، هو اختبار التلوث بمياه المجارى ، بالكشف عن مجموعة بكتريا القولون ، ثم التمييز ، بين المجموعة البرازية ، والمجموعة غير البرازية.

اختبار التلوث بمياه المجارى

أ- الكشف عن بكتريا القولون Coliform

يتم ذلك فى خطوات هى

١- الاختبار الاحتمالى Presumptive test

٢- الاختبار التحقيقى (التأكيدى) Confirmatory test

٣- الاختبار التكميلى Completed test

ويجدر بالذكر ، أن عينات المياه التى تعطى نتيجة ايجابية فى الاختبار الاحتمالى ، لاتعنى ضرورة وجود ميكروبات القولون بها ، فقد يتكون الحامض والغاز لأسباب اخرى ، منها

١- وجود بكتريا لاهوائية محللة لسكر اللاكتوز ، مثل وجود أنواع من الكلوستريديوم ، مع بعض البكتريا الهوائية .

٢- وجود بكتريا متجرثمة ، لها القدرة على تحليل سكر اللاكتوز مع انتاج حامض وغاز ، مثل B. megatherium .

٣- ظاهرة التنشيط (التآزر)* Synergism ، وفيها يحلل احد الميكروبات سكر اللاكتوز ، وينتج حامضا ، ومركباتا وسطية ، بينما يوجد ميكروب آخر يحلل بعض تلك المركبات الوسطية ، وينتج غازا ، مثل وجود ميكروبى .

Staphylococcus aureus، الذى ينتج الحامض ، و Proteus vulgaris، الذى ينتج الغاز

ويلاحظ أن الغاز لايتكون ، إلا عند وجود الميكروبين معا بالوسط .

---

* ظاهرة التآزر ، هى إحدى صور العلاقات التعاونية ، بين نوعين من الميكروبات ، وتعنى هذه الظاهرة ، قدرة النوعين من الميكروبات ، مع بعضهما ، على القيام بعمل ، أو تفاعل ، لم يكن أيا منهما ، قادر بمفرده ، على القيام به .

وحيث أن ظاهرة التآزر ، غالبا ماتحدث بين ميكروبين ، احدهما موجب ، والاخر سالب لجرام ، فانه يمكن تجنب هذه الظاهرة اثناء الكشف، بإضافة صبغة Triphenyl methane dye بنسبة ١ إلى ١٠٠ الف ، التى توقف نمو الميكروبات الموجبة ، دون ان تؤثر على نمو الميكروبات السالبة ، مثل E. coli .

من الإختبارات الأخرى ، الخاصة بالكشف عن مجموعة بكتريا القولون بالماء ، استخدام الفاج ، مثل Coli - phage ، إذ أنه يوجد دائما فى البراز . وهذه الطريقة ، متخصصة ، سهلة ، وسريعة ، وتظهر نتائجها فى خلال ٢٤ ساعة .

ويمكن الرجوع إلى التفصيلات الخاصة بهذه الإختبارات ، فى المراجع العملية المتخصصة .

ب - التمييز بين أفراد مجموعة بكتريا القولون

للتمييز بين المجموعة البرازية Fecal group ، التى يمثلها E. coli ، وبين المجموعة غير البرازية Non-fecal group ، التى يمثلها Ent. aerogenes ، تجرى مجموعة اختبارات تعرف باسم IMViC test ، وهى اختبارات الاندول (I)، احمر الميثيل (M) ، فوجز بروسكور (V) ، سترات الصوديوم (C) .

بالاضافة الى ذلك ، قد يجرى اختبار ايكمان Eijkman ، على بيئة ماكونكى السائلة Mac Conksy broth ، والتحضين لمدة ٢٤ ساعة على درجة ٤٤°م ، والكشف عن تكون حامض وغاز ، وكذلك فحص المستعمرات النامية على بيئة Eosin methylene blue (EMB) .

فاذا ثبت بعد هذه الاختبارات ، وجود ميكروب E. coli ، فمعنى ذلك ان الماء المختبر ، لايصلح للشرب ولا للإستعمالات الاخرى ، بينما وجود Ent. aerogenes يسمح باستعمال هذه المياه للشرب (انظر جدول ٣-٢ أ ، ب).

جدول ٣-٢ : التمييز بين أفراد مجموعة بكتريا القولون

أ . إستخدام إختبارات IMViC وإيكمان

الميكروب	اختبار IMViC				اختبار إيكمان
	الإنـــدول I	أحمـــر الميثيــل M	فــوجـــز بروسكاور V	السترات C	تكون غاز •
E. coli	+	+	-	-	+
Ent. aerogenes	-	-	+	+	-

ب - صفات المستعمرات النامية على بيئة
Eosin Methylene Blue, EMB

النمو على بيئة EMB	E. coli	Ent. aerogenes
حجم المستعمرة	صغيرة ذات قطر ٢-٣ مم	كبيرة ذات قطر ٤-٦ مم
لــون المستعمرة	غامق ، ولها مركز اسود	احمر ، ولها مركز بنى
لمعان المستعمرة	ذات بريق معدنى	ليس لها بريق معدنى

طريقة المرشحات الغشائية The membrane filter technique
ويرمز لها بالرمز (MF)

طريقة المرشحات الغشائيه ، من الطرق المستعملة بكثرة الآن ، فى عد بكتريا القولون فى الماء ، والتمييز بينها .

وفى هـــذه الطريقـــة ، يستعمـــل غشـــاء خـــاص مـــن ورق التـــرشيح Membrane millipore filter ، وهو عادة من مادة خلات السليلوز ، ذو ثقوب قطرها ٠,٤٥ ميكرومتر . يوضع الغشاء فى قمع ترشيح خاص ، وتحت ظروف التعقيم ، يمرر حجم معين من الماء (حوالى ١٠٠ مل) ، خلال الغشاء بمساعدة تفريغ ، وبعد ذلك يرفع الغشاء ، ويوضع على بيئة مناسبـــة مثل Endo agar ، موضوعة فى طبق بترى ، وتحضن والطبق معدول ، لمنع سقوط الميكروبات من على الغشاء.

تنتشر البيئة خلال الغشاء ، وتتغذى عليها البكتريا الموجودة على الغشاء ، وبذلك تنمو ، وتكون مستعمرات ، يمكن عدها بعد التحضين المناسب . ويتوقف هذا التحضين المناسب ، على الميكروب الموجود ، والبيئة المستعملة ، ففى حالة استخدام بيئة آجـــار الإنـــدو ، يتم التحضين على درجة ٣٧°م ، لمدة ٤٨ ساعة .

وفى المواصفات الأمريكية ، فإن الماء الصالح للشرب ، يجب أن يحتوى على أقل من ٢ بكتريا كولاى لكل ١٠٠ مل ماء ، فإذا زاد العدد عن ١٠ كولاى لكل ١٠٠ مل ماء ، فإن الماء لايعتبر صالحا للشرب .

بيئة آجار الإنـدو Endo agar

تحتوى بيئة آجار الإنـدو ، على سكر اللاكتوز ، وصبغة الفوكسين القاعدى ، وكبريتيت الصوديوم .

وبعد التحضين سنلاحظ الآتى

- تظهـر الميكروبات غير المحلله لسكر اللاكتوز، كمستعمرات لونها أبيض، لعدم تحلل سكر اللاكتوز .

- تظهر الميكروبات المحللة لسكر اللاكتوز غير البرازية، كمستعمرات لونها أحمر معتـم ، لإتحاد نواتج تحلل اللاكتوز مـع صبغـة الفوكسين ، وتكون المستعمرات بدون بريق معدنى .

- تظهـر الميكروبـات المحللة لسكر اللاكتوز البرازية ، كمستعمرات لونها معتم ، وذات بريق معدنى ، لاتحاد نواتج تحلل سكر اللاكتوز مع الصبغة ، وكبريتيت الصوديوم . وترجع كثافة اللون فى هذه الحالة ، الى ان الأنواع البرازية ، تكون نسبة من الحموضة ، اعلى مما تكونه الأنواع غير البرازية.

ومن مميزات هذه الطريقة ، مايلى

١- إمكانية ترشيح كميـات كبيرة من عينة الماء ، التى تحتوى على عدد قليل من الميكروبات الملوثة ، وبذلك يقل احتمال الخطأ .
٢- التقليل من الادوات المعملية المطلوبـة ، والتقليـل أيضـا مـن الجهـد المطلـوب .
٣- الاختصار فى الوقت اللازم لاجراء الكشف .
٤- تعطى هذه الطريقة اعدادا مباشرة ، بطريقة سريعة .
٥- يمكن بواسطتها اجراء التمييز بسرعة بين الميكروبات .
٦- يمكن الاحتفـاظ بالغشاء بما عليـه من ميكروبـات لمدة طويلة ، فيصبح سجلا ، يمكن الرجـوع اليه وقت اللزوم .

اختبار تركيز الكولاى Coli Titre , CT test

من الطرق الأخرى المستعملة ، للكشف عن E. coli بالمياه، استخدام ما يسمى باختبار تركيز الكولاى البرازية Coli test , Coli titre ويرمز للإختبار بالرمز CT .

وفى هذا الإختبار ، تخفف عينة الماء المطلوب فحصها، ثم يقدر عدد بكتريا E. coli ، الموجود فى أكبر تخفيف من عينة الماء ، باستخدام طريقة الأطباق ، على بيئة آجار الإندو ، أو بيئة بكتريا القولون البرازية .

وتركيز الكولاى CT ، هو أقل كمية من عينة الماء بالملليلتر ، التى يوجد بها ، واحدة على الأقل من بكتريا E. coli .

فإذا كان CT = ١٠٠ ، فمعنى ذلك أن أقل كمية من الماء وجد بها E. coli هى ١٠٠ مل ، بمعنى آخر ، لايوجد E. coli فى ١٠ مـل ، أو فى ١ مل مـاء ....

وهذا يعنى أيضا ، بأنه لايوجد E. coli فى التخفيفات العشرية التى أقل من ١٠٠ (الاختبار الذى أجرى) ، بينما يوجد E. coli فى ١٠٠٠ مل ، أو ١٠٠٠٠ مل ... ، أى فى التركيزات العشرية التى أكثر من ١٠٠ .

وعلى هـــذا الأساس ، تعتبر ميـــاه الحنفية جيدة ، إذا زاد رقم CT بها عن ٥٠٠ .

عدد البكتريا الكلى بالماء كدليل على صلاحيته للشرب

تعتبر المقاييس الامريكية ان الماء صالحا للشرب ، اذا احتوى على عـدد كلى من البكتريا ، اقل من ١٠٠ ميكروب/ مل ، مقدرة بطريقة الأطبـاق ، على بيئة الآجار ، المحضن على درجة ٣٧°م لمدة ٢٤ ساعة .

ويختلف العدد الناتج بطبيعة الحال ، باختلاف طريقة اخذ العينة ، وطريقة التقدير ، ونوع البيئة ، ودرجة حرارة التحضين .
وبالنسبة للمياه المعدنية، فيجب أن لايزيد عدد البكتريا الكلى عن ٣٠ / مل.

ولقد وجد ان اختبار العدد الكلى للبكتريا ، للحكم على مدى صلاحية الماء للشرب ، هو طريقة غير صحيحة ، لان المياه قد تحتوى على عدد قليل من الميكروبات ، ولكن من بينها ميكروبات مرضية ، او قد تحتوى على عدد كبير من الميكروبات ، لوجود مواد عضوية ومعدنية بكثرة ، دون ان يكون بها ميكروبات مرضية .

وتفيد هذه الطريقة ، عند إجراء مقارنـة بين أعـداد الميكروبات ، قبل ، وبعد إجراء معاملة ، من معاملات تنقية المياه .

اختبارات أخرى للحكم على تلوث المياه ، باستخدام كاشفات التلوث الحيوية .

تحتوى المياه الملوثة بمياه المجارى ، بخلاف E. coli ، على بكتريا محللة لسكر اللاكتوز من أجناس Clostridium , Streptococcus ، ومصدرها القناة الهضمية . ووجود هذه الميكروبات بمياه الشرب ، يـدل على التلوث بمياه المجارى .

أ- البكتريا المتجرثمة غير الهوائية Cl. perfringens (welchii)

هذه البكتريا عصوية ، متجرثمة ، لاهوائية ، شديدة المقاومة للظروف السيئة ، وتعيش فى الماء لمدة أطول مما تعيشه بكتريا القولون ، وهى توجد فى البراز ولكن بأعداد أقل من E. coli ، وتتراوح أعدادها بين الف إلى مائة الف لكل جرام ، وتوجد أيضا فى االتربة.

يدل وجود هذه البكتريا بالماء ، على أن التلوث بمياه المجارى تلوث قديم ، أى مضى عليه فترة تزيد عن ثلاثة أيام ، وقد تصل لعدة أسابيع .

ونظرا لأن هذه البكتريا مقاومة للظروف السيئة ، فيمكن أن يدل وجودها بالمياه أيضا ، على حدوث تلوث من مخلفات صناعية ، لأن الأنواع الأخرى من البكتريا ، لاتستطيع تحمل التأثير السام لتلك المخلفات ، وتموت.

وجدول (٣-٣) ، يوضح نتائج الإختبار ، لكل من E. coli ، Cl. perfringens .

جدول ٣-٣ : بيان بنتائج الإختبار لكل من E. coli و Cl. perfringens

نتيجة الكشف عن		دلالــــــة الإختبار
E.coli	Cl. perfringens	
+	+	المياه ملوثة بالمخلفات
+	-	المياه ملوثة ، والتلوث ليس قديم
-	+	المياه ملوثة ، والتلوث قديم احتمال تلوث بمخلفات صناعية
-	-	دليل اكيد على خلو المياه من التلوث

+ تعبر عن وجود الميكروب

- تعبر عن عدم وجود الميكروب

ب- البكتريا السبحية المعوية .Streptococcus sp

توجد هذه البكتريا بالبراز ، ولكن بنسبة أقل من E. coli ، ويقدر أعدادها بحوالى ١٠٠ الف/ جم . والميكروب كروى ، فى سلاسل ، موجب لجرام ، غير متجرثم ، غير متحرك .

لاتستطيع هذه البكتريا ، الحياة فى الماء إلا لمدة قصيرة ، أقصر من مجموعة بكتريا القولون ، لذلك ، فإن وجود البكتريا السبحية بالماء ، يدل على أن التلوث بمياه المجارى تلوث حديث ، أى حدث منذ أقل من ٢٤ ساعة.

تمتاز مجموعة البكتريا السبحية المعوية، بقدرتها على النمو فى بيئة بها ٦,٥٪ كلوريد صوديوم، وتتحمل حرارة تصل إلى ٦٣°م ، وعند تنميتها يضاف لبيئة النمو أزيد الصوديوم Sodium azide ، لمنع نمو البكتريا الأخرى ، بإرتباطه بالسيتوكروم البكتيرى .

وفى هذا الإختبار نكشف عن St. faecalis ، وهذه مصدرها المخلفات الآدمية ، ونكشف أيضا عن St. faecium ، وهذه مصدرها المخلفات الحيوانية، وتتميز St. faecalis بقدرتها على تحليل السوربيتول ، والنمو فى بيئة السترات ، بينما لاتستطيع ذلك St. faecium .

الكشف عن بكتريا القولون والإستربتوكوكاى

لوحظ فى بعض الحالات ، وجود عينات مياه سالبه لمجموعة الكوليفورم ، وفى نفس الوقت كانت موجبة لإختبار بكتريا السالمونيلا . لذلك ، فإنه ينصح الآن بإجراء إختبار مزدوج ، للكشف عن كل من بكتريا القولون البرازية Fecal coli, FC ، وبكتريا الاستربتوكوكاى البرازية Fecal streptococci, FS ، وهذه توجد مصاحبة للسالمونيلا فى الأمعاء .

ويعتبر هذا الإختبار المزدوج ، أفضل الطرق المباشرة ، للحكم على تلوث المياه بالمخلفات البرازية .

ويستفاد أيضا ، من نتائج هذا الإختبار المزدوج ، فى معرفة ، إذا كان مصدر التلوث بمياه المجارى ، آدمى أم حيوانى . ففى المخلفات الآدمية، نجد أن عدد بكتريا الكولاى ، اكبر بكثير من عدد بكتريا الإستربتوكوكاى، بعكس الحال فى حالة المخلفات الحيوانية .

ومن ذلك نلاحظ

- إذا كانت نسبة الكولاى إلى الاستربتوكوكاى FC / FS ratio ٤ : ١ ، أو اكثر، دل ذلك على أن تلوث المياه ، يأتى أساسا من مخلفات آدمية .

- اذا كانت نسبة الكولاى إلى الاستربتوكوكاى ١ : ١ ، أو أقل ، دل ذلك على أن مصدر التلوث أساسا ، حيوانى ، أو من الدواجن .

- اذا تراوحت النسبة بين ١ و ٤ ، دل ذلك على أن مصدر التلوث خليط ، وإن كانت المخلفات الآدمية ، هى السائدة فى التلوث .

جـ - البكتريا الصامدة للأحماض Acid-fast bacteria

تقاوم البكتريا الصامدة للأحماض ، مثل Mycobacterium phlei ، المطهرات مثل الكلور ، وهى بهذا الخصوص ، أكثر مقاومة من الخمائر وبكتريا القولون والبكتريا العنقودية ، بسبب جدارها الصلب ذو الغلاف الشمعى ، غير المنفذ. وتوجد هذه البكتريا بالمياه الطبيعية ومياه المجارى.

والميكروب عصـــوى ، هـــوائى ، غير متجرثـم ، مـــوجب لجـــرام ، وصامد للاحماض .

ونظرا لاستخدام الكلور فى تطهير مياه الشرب ، فإن الكشف عن بكتريا M. phlei ، يساعد فى الحكم على كفاءة عملية التطهير ، فعدم وجودها بالمياه المعاملة ، دليل مناسب على جودة عملية الكلورة .

ميكروبات أخرى توجد بالمياه وتسبب بعض المتاعب

بالإضافة إلى مجموعة بكتريا القولون ، قد نجد بمياه الشرب بعض الميكروبات الأخرى ، التى تسبب بعض المضايقات ، بما تحدثه من تغير فى اللون ، والطعم ، والرائحة ، أو زيادة فى اللزوجة .

من هذه الميكروبات :

- البكتريا المكونة للزوجة Slime-forming bacteria

كثير من البكتريا ، قادر على انتاج مواد مخاطية لزجة ، كإفرازات خارجية ، أو ككابسول Capsule سميك يحيط بالميكروب . وتتوقف كمية ونوع تلك الإفرازات . على نوع الميكروب ، وعلى ما تحتويه البيئة من مواد عضوية ومعدنية .
وتسبب هذه الميكروبات لزوجة الماء ، وصعوبة فى سريانه ، وتعطيه ملمسا وطعما ، غير مقبولين .

- بكتريا الحديـد Iron bacteria

تعتبر بكتريا الحديد ، من أكثر الميكروبات إحداثا للمتاعب بالمياه ، فهى تحول مركبات الحديد الذائبة ، إلى مركبات غير ذائبة (إيدروكسيد حديديك) ، ترسب كغلاف حول الميكروب كما فى بكتريا Sphaerotilus ، أو تفرز هذه المواد خارج الميكروب ، لتكون زوائد مرتبطه بالخلية ، كما فى بكتريا Gallionella .
تتجمع تلك المواد غير الذائبة ، فى مواسير المياه ، فتعيق انسياب المياه وسريانها ، وقد تسبب انسدادها ، بالإضافة إلى أن بكتريا الحديد ، تسبب لزوجة المياه ، وتغيرا فى طعمها ، ولونها.

- بكتريا الكبريت Sulfur bacteria

بعض انواع بكتريا الكبريت مثل Thiobacillus ، قادر على أنتاج حموضة عالية بالوسط ، تصل إلى تركيز ايون ايدروجين ١,٠ ، وذلك نتيجة لأكسدة الكبريت إلى حامض كبريتيك ، وتسبب هذه الحوضة العالية ، تآكلا بمواسير المياه .

كما أن بكتريا Desulfovibrio desulfuricans تختزل الكبريت إلى كبريتور ايدروجين ، مما يكسب المياه طعما ورائحة ، غير مقبولين .

- الطحالب

تتواجد الطحالب فى كل المياه الطبيعية . وعندما تتعرض المياه لضوء الشمس ، تنمو الطحالب وتتكاثر ، مسببة تعكيرا للمياه ، وتغيرا فى اللون والطعم والرائحة . كما تسبب الطحالب ، خاصة الدياتومات ، والطحالب الخضراء ، انسداد الفلاتر المستعملة فى ترشيح المياه وتنقيتها ، وبالإضافة إلى ذلك ، فإن بعض الطحالب تفرز موادا سامة للإنسان والحيوان .

ويمكن منع نمو الطحالب ، بإضافة ٢,٠ كجم كبريتات نحاس لكل مليون جالون ماء ، وهذه الكمية لاتؤثر على جودة المياه .

- الفيروســــات

أغلب الفيروســــات التى توجــــد بمياه الشرب ، فيروسات معوية Entero viruses ، وتصل إلى مياه الشرب عن طريق التلوث بمياه المجارى ، ومن اهم هذه الفيروسات Polio, Coxsackie and Echo - viruses .

كما عزل من مياه الشرب الملوثه ، الفيروسات المسببة للإلتهاب الكبدى الوبائى ، وفيروسات Rotaviruses . وقد عزلت بعض هذه الفيروسات، من مياه النيل ، فى مصر ، لذلك فإن الكشف عن الفيروسات بمياه الشرب ، عمل يجب أن يوضع فى الاعتبار .

- الخمائــر Yeast

توجد الخمائر بأعداد مرتفعة ، فى مخلفات المجارى الخام والمعامله، وتقل أعدادها ، عند معاملة مياه المخلفات بالكلور .

ووجود الخمائر بمياه الشرب ، يشير إلى إحتمال حدوث تلوث بمياه المجارى ، خصوصا خميرة Candida albicans ، التى توجد فى البراز او البول الآدمى ، وتمتاز بمقاومتها العالية لتأثير الكلور ، حتى عن بكتريا القولون، لسمك جدارها .

حمامات السباحــة Swimming pools

من المعروف ، أن جلد الانسان الطبيعى ، وفتحات جسده الطبيعية ، تحمل أعدادا من الميكروبات ، تصل إلى ١٠^٦ - ١٠^٩ لكل سم^٢ من الجلد ، كما يتخلف عن الشخص الواحد فى حمام السباحة ، افرازات عضوية ، تقدر بحوالى ٠,٥ جرام ، مثل تلك الناتجة من الإفرازات ، وخلايا ودهون الجلد، ومواد التجميل ... الخ .

وبذلك ، فقد تسبب مياه حمامات السباحة العامة ، مشاكل صحية ، بما تنقله من ميكروبات معديه ، من شخص مصاب لآخر سليم ، مثل تلك الأمراض الخاصة بالعيون ، والأنف ، والزور ، والجهاز الهضمى ، والأمراض الجلدية .

ومثل تلك الظروف ، تدفعنا للإهتمام المستمر بالنواحى الصحية الخاصة بمياه حمامات السباحة . فعلى الرغم من أن حمامات السباحة ، تملأ عادة من المياه المستعملة فى الشرب ، الا أن تلك المياه يجب أن تطهر أيضا بواسطه الكلور ، بإستعمال التركيز المناسب ، الكافى للقضاء على الميكروبات ، دون أن يسبب تسمما للمستحمين ، أو تهيجا للأعين ، أو الجلد، أو الأغشية المخاطية بالجسم ، مع تنظيف الحمامات المستمر ، وتغيير مياهها كل عدة أيام .

الحكم على صلاحية مياه حمامات السباحة للإستعمال

نظرا لأن ظروف الميكروبات الموجودة بمياه حمامات السباحة ، وأغلبها من الجلد والأنف والزور ... الخ ، تختلف عن ظروف الميكروبات الموجودة بمخلفات المجـارى ، التى أغلبها معوية ، فإن الكشف فى ميـاه الحمامات عن E. coli وحده ، لايكفى للحكم على صلاحية المياه للإستعمال، بل يجب الكشف عن ميكروبات أخرى مثل Staphylococcus aureus . للمساعدة فى الحكم على صلاحية هذه المياه .

وبكتريا S. aureus ، كروية ، فى تجمعات عنقودية ، موجبة لجرام ، موجبة لإختبار الكاتاليز ، غير متجرثمة ، غير متحركة .

لذلك ، تجرى الإختبارات الميكروبيولوجية التالية ، على مياه حمامات السباحة ، للحكم على صلاحيتها للإستعمال الصحى .

١- إجراء العد الكلى للبكتريا بطريقة الأطباق

٢- عد بكتريا القولون البرازية

٣- عد بكتريا S. aureus .

ويعد الكشف عن S. aureus ، بجانب الإختبارات الأخرى ، اختبارا مناسبا ، للحكم على صلاحية مياه حمامات السباحة ، للإستعمال الصحى . فالميكروب يوجد دائما على جلد ، وأنف ، وزور ... الإنسان ، ويحدث تلوث المياه من إفرازات هذه الأماكن ، وينتقل هذا الميكروب من الجلد ، إلى الماء، إلى الجلـــد ، وتحدث العـدوى بحمامات السباحـــة من هذه الدورة ، كما أن

الميكروب أكثر مقاومة للكلور من بكتريا القولون بحوالى من ٥ إلى ٢٠ ضعفا ، واختفائه من الماء المختبر ، دليل على جودة تطهير المياه بالكلور.

وتعتبـر ميـاه حمامـات السباحة غير مناسبة ، إذا زاد عدد بكتريا S. aureus بها عن ١٠ / مل ماء . وينصح بعدم استخدام مياه حمامات السباحة ، إذا زاد عدد S. aureus بها عن ٢٠٠ / مل ماء . وفى جميع الحالات، يجب أن لايزيد عدد بكتريا الكولاى فى مياه حمامات السباحة العامه عن ١٠ بكتريا لكل ١٠٠ مل ماء .

الأمراض المنقولة عن طريق المياه Water-borne diseases

أهم الأمراض المنقولة عن طريق مياه الشرب ، هى الأمراض التى تسببها الميكروبات المعوية المرضية ، ومصدر هذه الميكروبات ، هى مخلفات المرضى ، وحاملى الميكروب ، التى تصل إلى المياه عندما تتلوث بمياه المجارى . ومن أمثلة هذه الأمراض ، التيفود ، الباراتيفود ، الكوليرا ، الدوسنتاريا الباسيلية والأميبية ، وفيروسات شلل الأطفال ، والإلتهاب الكبدى الوبائى (راجع الفصل التاسع - خامسا) .

وأساس الوقاية من هذه الأمراض ، هو منع تلوث مياه الشرب بمياه المجارى ، مع تنقية مياه الشرب بمعالجتها بالكلور قبل الاستعمال ، ومعالجة مياه المجارى قبل التخلص منها .

References

Hopkins, E.S. and E.L.Bean (1967). Water purification control. 4th Ed. Williams and Wilkins Co., Baltimore, MD, USA.

Mitchell, R. (ed.) (1972 & 1978). Water pollution microbiology. Vol. 1, 1972 , Vol. 2, 1978. Wiley, New York.

National Research Council (1977 - 1983). Drinking water and Health. Vol. 1, 1977, Vols 2 & 3, 1980, Vol. 4, 1982, Vol. 5, 1983. National Academy Press, Washington D.C.

Standard methods for the examination of water and wastewater (1980). 15th Ed. American Public Health Association, New York.

الفصل الرابع

ميكروبيولوجيا مياه المخلفات

- مقدمة
- ميكروبيولوجيا مياه المجارى
- التركيب الكيميائى
- الصفات الميكروبيولوجية
- التخلص من مياه المجارى غير المعالجة
- معالجة مياه المجارى
  - خطوات المعالجة
  - الحمأة النشطة
  - الصموغ الحية
  - اختبار كفاءة المعالجة
- المراجـع

الفصل الرابع

ميكروبيولوجيا مياه المخلفات
Wastewater Microbiology

مقدمة

مياه المخلفات ، هى المياه الناتجة من استعمال مجتمع من المجتمعات ، وتشمل

١- مياه مخلفات المنازل Domestic wastewater
وتشمل مياه هذه المخلفات ، كل ما يتم صرفه عن طريق شبكات صرف المنازل ، من مطابخ ، وحمامات ، ودورات مياه ، ويطلق عليها مجتمعه مياه مخلفات المجارى Sewage water.

٢- مياه مخلفات المصانع Industrial wastewater
ويشمل ذلك مياه المخلفات ، بما فيها من احماض ، وزيوت ، ومعادن ، الناتجة من مختلف الصناعات المعدنيه والبتروليه والمناجم ، ومخلفات عضوية نباتيه وحيوانية ، مثل ما ينتج من مخلفات مصانع السكر ، والورق ، والمصانع الغذائية ، والمبيدات ... الخ .

٣- مياه مخلفات المزارع والحدائق
وتحمل هذه المياه بقايا المخصبات والمبيدات ، والتى قد تصل لمواسير الصرف .

٤- المياه الجوفيه والسطحية والجوية ، التى تصل إلى مواسير صرف المدينة .

وقد سبق الكلام عن المياه الجوفيه والسطحية والجوية ، أما مياه مخلفات المصانع ، فمن الصعب الكلام عنها ، لانها تختلف بدرجة كبيرة جدا، فى الكمية والتركيب ، ليس فقط من موقع لموقع ، ومن مصنع لآخر ، بل ومن ساعة لأخرى ، والحال كذلك بالنسبة لمياه مخلفات المزارع ، ولذلك، فسنقصر حديثنا فى الصفحات التالية ، عن مياه مخلفات المنازل ، أى مياه مخلفات المجارى .

ميكروبيولوجيا مياه المجارى
Sewage Microbiology

التركيب الكيميائى

تتكون مخلفات مياه المجارى ، من حوالى ٩٩,٩٪ ماء ، وحوالى ٠,١٪ مواد صلبه معلقة ، عضوية وغير عضوية ، وقد تكون فى حالة غروية، أو ذائبة ، ورقمها الايدروجينى يتراوح ما بين ٦ الى ٨ .

وكنسبة مئوية ، فإن كمية المواد الصلبة المعلقة ، الموجودة بمياه المجارى ، تبدو بسيطه ، ولكن على مستوى مدينه كبيرة ، فإنها تشكل كمية ضخمة .

ويختلف كثيرا التركيب الكيماوى للمواد المعلقة ، كما أنه عرضه للتغير ، غير أن المواد العضوية بمخلفات المجارى ، تتكون عموما من مواد نتروجينية ، مثل اليوريا والبروتين والأمينات والأحماض الأمينية ، ومواد غير نتروجينية ، كالكربوهيدرات والدهون ، بالإضافة إلى مخلفات الصابون ، ومواد التنظيف التركيبيه الحديثة ، التى أخذت تنتشر ، وتحل محل الصابون، وهى مواد مقاومة للتحلل الميكروبيولوجى .

الصفات الميكروبيولوجية

نظرا لإختلاف تركيب مخلفات مياه المجارى ، فإن ما تحمله تلك المخلفات من أحياء دقيقة ، عرضة للتغير أيضا نوعا وعددا ، وعموما فإن المخلفات تحتوى على بروتوزوا ، وفطريات ، وطحالب ، وبكتريا ، وفيروسات .

تصل أعداد البكتريا بمياه المجارى الخام ، إلى الملايين فى كل ملليلتر ، ومعظمها بكتريا القولون ، ويليها فى العدد الإستربتوكوكاى ، ثم العصويات المتجرثمة اللاهوائية مثل Cl. perfringens ، ثم الـ Proteus، وباقى أنواع البكتريا الموجودة بالجهاز المعوى الآدمى . وبالإضافة إلى ذلك، فيوجد بمياه المجارى ميكروبات مرضية ، من بروتوزوا وبكتريا وفيروسات، مثل تلك المسببه لأمراض التيفود ، والكوليرا ، والدوسنتاريا ، وشلل الأطفال، والإلتهاب الكبدى الوبائى .

وعندما تتعرض مياه المجارى للمعالجة ، فإن أعداد وأنواع الميكروبات السائدة تتغير ، بتغير ظروف خطوات المعالجة . وتحت ظروف الهضم اللاهوائى لمخلفات المجارى . تسود الأنواع الإختياريه مثل

Alcaligenes, Enterobacter, Escherichia, Pseudomonas, ... etc.

وباستمرار الظروف اللاهوائية ، تسود البكتريا اللاهوائية ، كتلك المنتجة لغاز الميثان ، مثل

Methanobacterium, Methanococcus, Methanosarcina ...

التخلص من مياه المجارى غير المعالجة Sewage disposal

التخلص من مياه المجارى عملية ضرورية ، لتجنب خطورتها ، وما تسببه من مضايقات .

وفى المزارع والأرياف ، يتم التخلص من مخلفات المجارى دون معالجة ، بتجميعها فى خزانات كسح ، تفرغ كل مدة ، وتستعمل محتوياتها كسماد عضوى ، بعد إضافة مسحوق الجير الحى ، لقتل مابها من كائنات حية غير مرغوب فيها .

وتتخلص بعض المجتمعات الصغيرة أو المحليات ، من مخلفات مجاريها ، دون معالجة أيضا ، بطريقة التخفيف ، وذلك بإلقائها فى أحجام كبيرة من الماء ، مثل نهر أو بحر أو بحيرة ، فيحدث تخفيف لتلك المخلفات. وفى هذه الطريقة ، يجب أن تكون النسبة بين مياه المجارى الملقاة ، ومياه النهر أو البحر ، نسبة متسعة جدا ، لاتقل عن ١ : ٥٠ ، حتى يتوفر باستمرار ، كمية مناسبه من الأكسجين الذائب فى الماء ، كافية للأكسدة البيولوجية ، واستمرار الحياة المائية .

وفى طريقة التخفيف بالماء ، يجب أن تلقى مياه المخلفات ، من خلال مواسير ، تمتد إلى الداخل بعيدا عن الشاطىء ، لمسافة لاتقل عن ٥٠٠ مترا، وعلى عمق لايقل عن ٥٠ مترا ، محافظة على صحة مستعملى هذه المياه ، فى الشرب ، أو الإستحمام ، أو الصيد .

وعند إلقاء مياه المجارى فى النهر أو البحر ، تحدث لمياه المجارى عملية تنقية ذاتية Self-purification ، حيث يتحلل مابتلك المياه ، من مواد عضوية ، تحت ظروف هوائية ، بأكسدتها بيولوجيا بواسطة الميكروبات عضوية التغذية ، من بكتريا وفطريات وطحالب وبروتوزوا ، وبذلك تتحلل المواد العضوية ، وتتمعدن ، فلا تجد الميكروبات المرضية الموجودة بمياه المجارى ، مصدرا كافيا لها من الغذاء والطاقة ، فتموت . وتكون سرعة التحلل فى مياه المناطق الحارة ، أسرع من المناطق الباردة .

وإذا كانت عمليـــة التخفيف ، ممكنة بالنسبة للمجتمعات صغيرة العدد ، إلا انه بزيادة عدد سكان هذه المجتمعات ، وكذلك فى المدن الكبيرة، تصبح طريقة التخلص من مياه المجارى غير المعالجة بطريقة التخفيف ، غير

فعاله بل وضارة ، لزيادة كمية مياه المجارى الملقاه ، وضيق نسبة التخفيف اللازمة ، وما يترتب على ذلك من قلة نسبة الأكسجين الذائب بالماء ، اللازم للإستهلاك بواسطة الميكروبات الهوائية ، لتحليل المواد العضوية ، فتنشط وتسود الميكروبات الإختيارية واللاهوائية ، وبذلك تتحلل المواد العضوية لمخلفات المجارى تحت ظروف لاهوائية ، فتظهر روائح كريهه غير مستحبة، وتتلوث المياه ، وتموت الاسماك ، والأحياء المائية .

وكل ذلك ، يحتم ضرورة معالجة مياه المجارى ، كيماويا وبيولوجيا، قبل التخلص منها ، لما فى ذلك من مزايا عديدة . والأساس فى عملية المعالجة ، هو تحليل ما بمياه المجارى من مواد عضوية ، والقضاء على ما تحتويه من ميكروبات مرضية .

مزايا معالجة مياه المجارى قبل التخلص منها

- منع إنتشار الميكروبات المرضية

- منع تلوث المياه ، التى ستلقى بها مياه المجارى المعالجة ، حفاظا على صحة مستخدمى هذه المياه فى الشرب أو الإستحمام ، وللمحافظة أيضا على الثروة المائية ، نباتيه كانت أم حيوانية .

- التخلص من المواد العضوية ، وما ينتج عن تحللها من روائح كريهة ، أو تجمع لرواسب غير مقبوله ، وذات منظر غير مستحب .

- استعمال المخلفات كأسمدة عضوية ، أو كمصادر بديلة للطاقة .

معالجة مياه المجارى Sewage treatment

خطوات المعالجة Treatment processes

تجمع مياه المجارى فى مواسير مغلقة ، بعيدة عن مواسير مياه الشرب ، وترسل إلى خارج المدينة ، لمعالجتها .

وطرق معالجة مياه المجارى متعدده ، ومتنوعــة ، ويوضح الشكل (٤-١) خطوات المعالجة الرئيسية ، التى تتبع فى مدينة كبيرة .

وتتلخص خطوات المعالجة فيما يلى

- معالجة إبتدائية

ويتم ذلك ، للتخلص من المــواد الصلبة الضخمة ، والأحجار ، والأخشاب، والزجـــاج ، والأســـلاك ... الـــخ ، وذلك بإمرار المياه على حواجز على شكل قضبان ، تعمل كمصفاة Screening ، لفصل تلك المواد الصلبه .

ثم تجرى عملية ترسيب لمياه المخلفات ، فى أحواض ترسيب Sedimentation tanks . وللمساعدة فى عملية الترسيب وزيادة سرعتها ، تضاف الشبه أو أملاح الحديد ، لتكوين معلق غروى ، يساعد على سرعة تجميع الحبيبات وترسيبها .

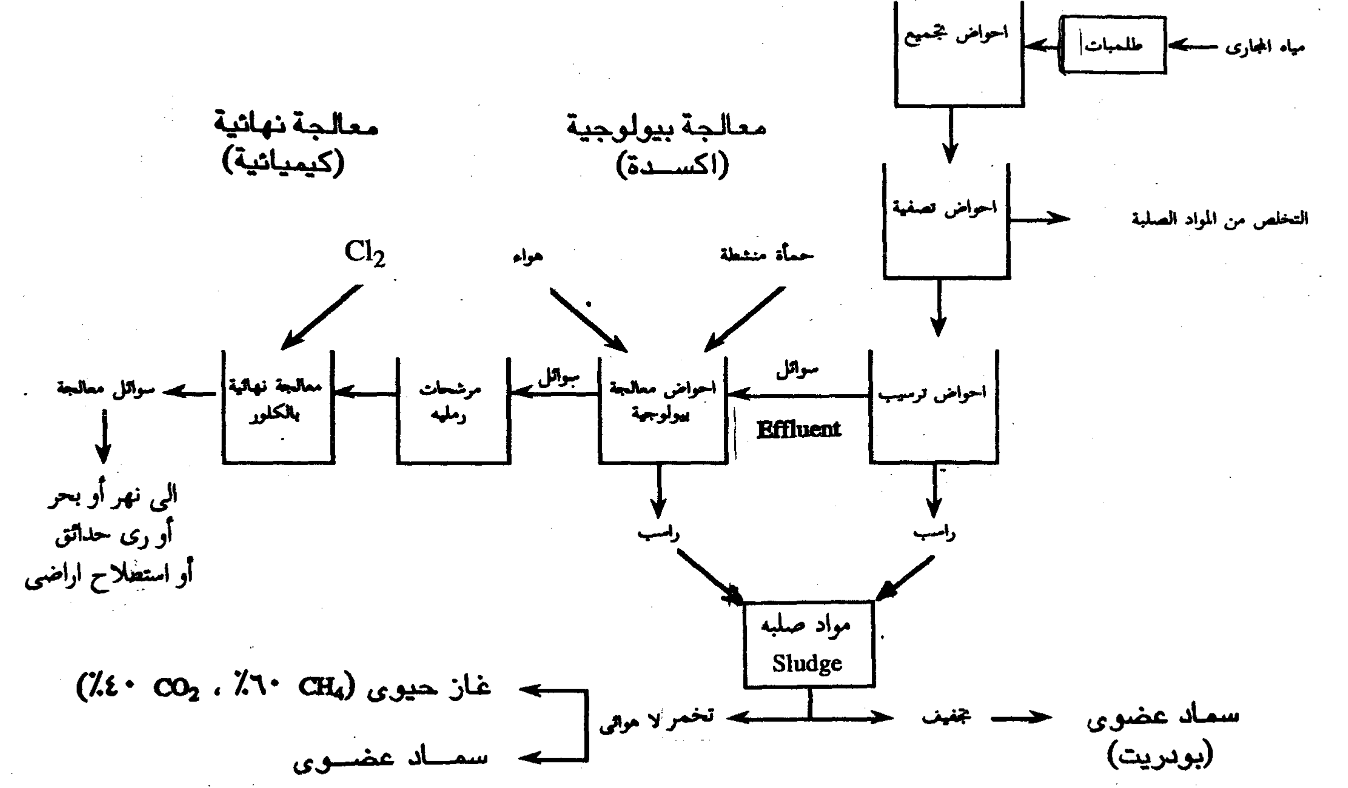
وأثناء عملية الترسيب ، يطفو الريم Scum على السطح ، والريم عبارة عن مواد دهنية ، تكشط من آن لآخر وذلك للتخلص منها .
ويرسب فى قاع الحوض الراسب ، ويسمى حمأة Sludge ، حيث تجمع وتعالج، أما السائل Effluent ، فإنه يعالج بيولوجيا ، وكيماويا ، قبل الاستعمال .

عند أضافة الشبه أو كبريتات الحديديك إلى مياه المجارى ، تتكون الإيدروكسيدات ، وحامض الكبريتيك ، حسب المعادلات

$$Al_2(SO_4)_3 + 6H_2O \longrightarrow 2Al(OH)_3 + 3H_2SO_4$$

$$Fe_2(SO_4)_3 + 6H_2O \longrightarrow 2Fe(OH)_3 + 3H_2SO_4$$





شكل ٤-١ : رسم تخطيطى مبسط يوضح الخطوات الرئيسية لمعالجة مياه المجارى فى مدينة

ولأن هذه التفاعلات عكسية ، فإنه يضاف موادا لمنع هذه التفاعلات العكسية ، مثل كربونات الكالسيوم ، أو كربونات الصوديوم ، أو ايدروكسيد الكالسيوم ، التى تتحد مع حامض الكبريتيك ، ويتكون كبريتات كالسيوم $Ca\,SO_4$ ، وبذلك تزداد كفاءة عملية ترسيب المواد العالقة بالمياه .

- معالجة بيولوجية

تعالج السوائل Effluent الناتجه من المعالجة الابتدائية ، بيولوجيا ، وذلك للتخلص مما بها من مواد عضوية ، وذلك بأكسدتها ومعدنتها ، إلى كحولات وأحماض عضوية ، وأخيرا الى ... H_2S ، NH_3 ، H_2O ، CO_2.

ويتم ذلك فى أحواض المعالجة البيولوجية ، بإضافة ، الحمأة النشطة (عادة بنسبة ٢٠٪) ، مع توفير الظروف الهوائية .

تحت ظروف المعالجة البيولوجية الهوائية بالحمأة النشطة ، تتكون أملاح الفوسفات والنترات . ويمكن التخلص من هذه الأملاح ، بمعالجة المخلفات بيولوجيا ، تحت ظروف لاهوائية ، أى بزيادة خطوة فى المعالجة تعقب خطوة المعاملة بالحمأة النشطة .

عقب المعالجة البيولوجية ، تفصل الرواسب ، وتؤخذ السوائل وتمرر على مرشحات رملية ، حيث تتوفر الظروف الهوائية والميكروبات ، لاستكمال تحلل ما تبقى من مواد عضوية بالسوائل.

- معالجة نهائية ، كيماوية بالكلور

تعالج السوائل الناتجة من المرشحات ، بالكلور للتخلص مما بها من ميكروبات مرضية .

السوائل الناتجة بعد المعالجة ، يستفاد منها فى رى الأشجار ، أو استصلاح الأراضى ، أو يتخلص منها بإلقائها فى نهر ، أو بحر .

- معالجة المواد الصلبة Sludge

تجمع المواد الصلبة الناتجة من أحواض الترسيب ، أو من أحواض المعالجة البيولوجية ، حيث
- تجفف فى أحواض خاصة ، ثم تكشط ، وتدق ، وتنعم ، وتستعمل كسماد عضوى* .
- أو تخمر المواد الصلبة لاهوائيا ، لانتاج الغاز الحيوى (البيوجاز) ، وسماد عضوى .

الحمأة النشطة Activated sludge

الحمأة النشطة ، عبارة عن رواسب مخلفات مجارى حديثة معالجة ، غنية بالكائنات الدقيقة من بروتوزوا وفطر وخميرة وبكتريا ، وتضاف كبادىء ، فى أحواض المعالجة البيولوجية ، فتساعد ، تحت الظروف الهوائية ، على سرعة تحلل ومعدنة المواد العضوية ، الموجودة بمياه المخلفات .

الصموغ الحية Zoogloea

تتجمع الكائنات المجهرية الموجودة بالحمأة النشطة ، أو بأحواض المعالجة والمرشحات ، فى كتل أو أغشية ، مطمورة فى مواد صمغية لزجة من سكريات معقدة ، وتسمى هذه الكتل الميكروبية الصمغية Zoogloea ، وهى كلمة ذات أصل لاتينى تعنى Living glue ، أى الصموغ الحية . ومن الأحياء الدقيقة الهامة المكونة لتلك الصموغ الحية ، أنواع شبيهة بالسيدوموناس تسمى Zoogloea ramigera ، تلعب دورا نشطا فى أكسدة المواد العضوية بمخلفات المجارى ، كما يوجد أيضا فى تلك الكتل الصمغية ، ميكروبات أخرى نشطة فى تحليل المواد العضوية ، مثل

Bacillus , Alcaligenes , Escherichia , Sphaerotilus , Protozoa , e.g. Paramecium

---

* يعرف هذا السماد العضوى ، بإسم سماد المجارى ، تمييزا له عن سماد البودريت ، الناتج من مخلفات كسح المراحيض ، فى المدن أو القرى .

اختبار كفاءة معالجة مياه المجارى ، باستخدام كاشفات التلوث الحيوية .

يمكن الحكم على كفاءة عملية معالجة مياه المجارى ، بالكشف عن بكتريا الليستريا Listeria monocytogenes . فهذه البكتريا توجد بكثرة فى مياه المجارى ، مصاحبة لبكترياالقولون ، بأعداد تصل لمئات الآلاف . وهى تعيش فى مياه المجارى ، لمدة طويلة تصل لعدة أسابيع ، كما أنها تقاوم الكلور بدرجة كبيرة . لذلك ، فإن وجودها بمياه المجارى ، بجانب الإختبارات الميكروبيولوجية الأخرى ، يؤخذ كدليل على عدم كفاءة عملية المعالجة ، أى على وجود ميكروبات مرضية .

وهذه البكتريا عصوية قصيرة جدا ، مفردة أو فى سلاسل ، موجبة لصبغة جرام ، غير متجرثمة ، متحركة ، إختيارية للهواء ، وهى ممرضة للإنسان ، والحيوان ، إذ تسبب للإنسان مرضا يسمى Listerosis (إلتهاب بالمخ) ، وتسبب للحيوان الأجهاض ، وإلتهاب الضرع ، والإلتهاب السحائى.

وجدول (٤-١) يوضح أعداد بعض الميكروبات بمياه مجارى مأخوذة من منطقة القاهرة . ويلاحظ من هذا الجدول ، أن الميكروبات قلت بنسبة حوالى ٩٩٪ بعد المعالجة النهائية بالكلــور ، وأن السالمونيلا إختفت تماما بعد خطوة المعالجة البيولوجية .

جدول ٤-١ : متوسط لتركيزات بعض الميكروبات ، بعينات من مياه مجارى ، مأخوذة من مدينة القاهرة عام ١٩٩٢ .

مياه المجارى	عدد البكتريا / ١٠٠ مل					إختبار السالمونيلا
	مجموعة بكتريا الكولاى	كولاى برازية	استربتوكوكاى برازية	كوليفاج	ليستريا	
مياه خام	٢ x $١٠^{١١}$	٧ x $١٠^{٩}$	٥ x $١٠^{٨}$	٢ x $١٠^{٨}$	٨ x $١٠^{٥}$	+
بعد المعالجة البيولوجية	٥ x $١٠^{٤}$	۴ x $١٠^{٤}$	٧ x $١٠^{٣}$	١ x $١٠^{٣}$	٦ x $١٠^{٣}$	-
بعد المعالجة بالكلور	٥ x $١٠^{٢}$	٣ x $١٠^{٢}$	٣ x $١٠^{١}$	١ x $١٠^{٢}$	١ x $١٠^{٢}$	-

* Ref.: Annals Agric. Sci., Ain Shams Univ., Cairo, 38 (2), 464, 1993.

References

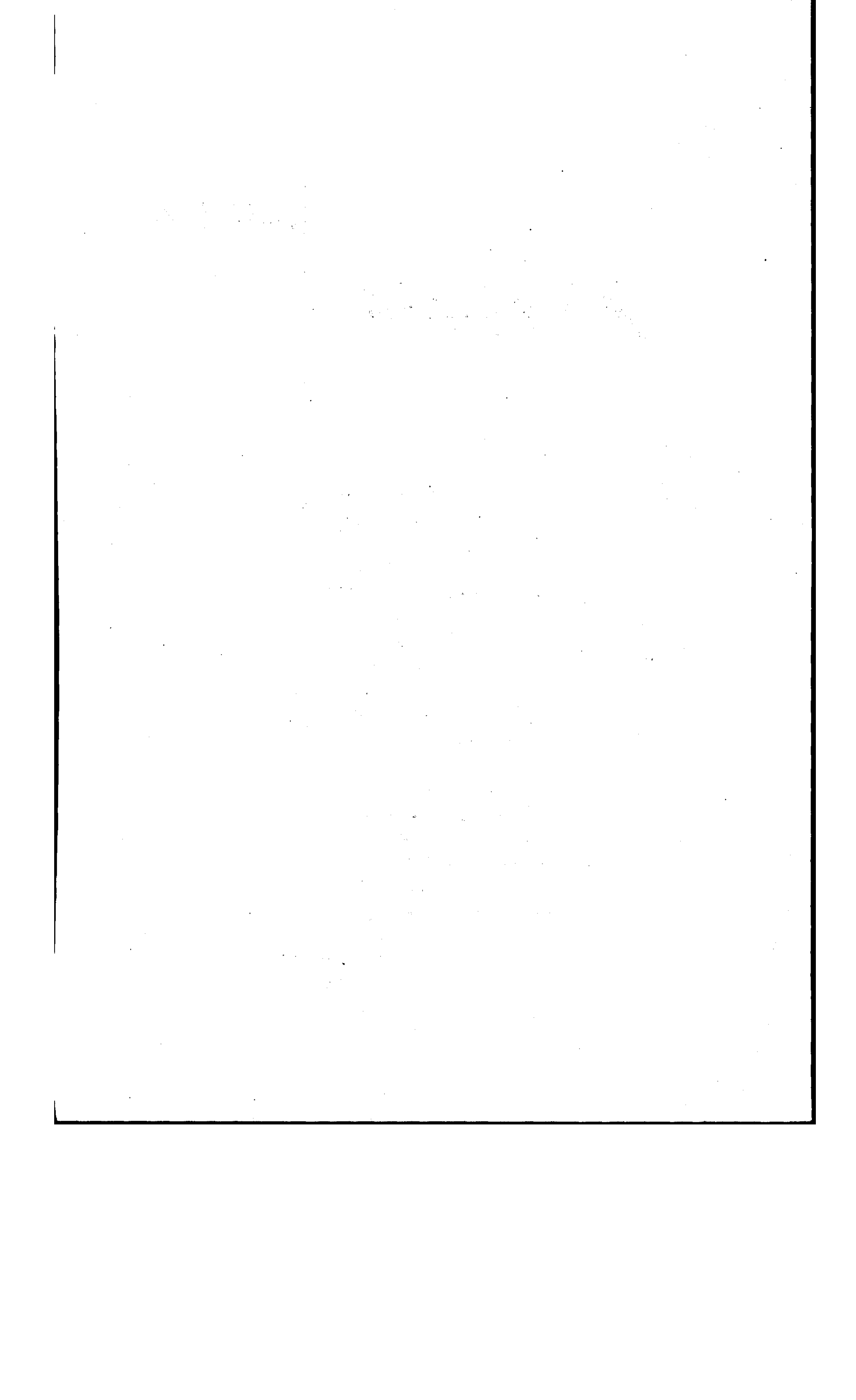
Finstein, M.S. (1967). Growth and flocculation in a Zoogloea culture. Ann. Rev. Microbiol., 15, 962.

Gaudy Jr, A.F. and E.T. Gaudy (1966). Microbiology of wastewater. Ann. Rev. Microbiol., 20, 319.

Metcalf and Eddy Inc. (1979). Wastewater engineering : Treatment, disposal and reuse. Mc Graw Hill, New York.

الفصل الخامس

ميكروبيولوجيا الأراضى



الفصل الخامس

ميكروبيولوجيا الأراضى
Soil Microbiology

الأرض كوسط بيئى Soil as an environment

الأرض (التربة) Soil ، هى ذلك الجزء من سطح القشرة الأرضية ، الذى تكون بفعل عوامل التعرية ، وتأثير العوامل البيولوجية ، فأصبح المهد الصالح ، لحياة النبات والحيوان . والطبقة السطحية من التربة الزراعية ، فى الحقيقة ، عبارة عن عالم يموج بالحياة ، فبالإضافة إلى ما بها من جذور نباتية ، فإنها تحتوى على ملايين الملايين من الأحياء الدقيقة ، ذات الدور المؤثر على خواص التربة ، وعلى إنتاجيتها من المحاصيل الزراعية .

يختلف تركيب التربة وخواصها ، بإختلاف الموقع ، والظروف المناخيه ، والبيئية ، ومادة الأصل ، والعمق ، وشكل (٥-١) . يبين قطاع فى تربة .

١- أفق أ Horizon A : مخلفات عضوية على درجات مختلفة من التحلل

٢- أفق ب Horizon B : الحبيبات الدقيقة ، والمعادن

٣- أفق جـ Horizon C : مواد معدنية تعرضت لعوامل التعرية

٤- أفق د Horizon D : أصل الصخور ، التى لم تتعرض لعوامل التعرية

شكل ٥-١ : رسم تخطيطى لقطاع فى تربة

مكونات التربة

تتكون التربة من خمسة مكونات رئيسية ، هى :

١- الجــزء المعدنى

ينتج الجزء المعدنى بالتربة ، من عملية تعرية الصخور ، وهو خليط من الحبيبات المعدنية ، المختلفة الأحجام ، التى توجد فى تجمعات . وتتكون تلك الحبيبات ، اساسا من سليكات الألومونيوم والحديد ، مع معادن أخرى بكميات قليلة . ويتراوح أحجام تلك الحبيبات ، من حبيبات الطين ، دقيقة الحجم ، ذات القطر الأقل من ٠,٠٠٢ مم ، إلى حبيبات الحصى الكبيرة ، ذات القطر الأكبر من ٢,٠ مم . وبين الاثنين يقــع السلت ، والرمل الناعم ، والخشن .

نسب هذه الحبيبات إلى بعضها ، يؤثر على خواص التربة ، وعلى تهويتها ، وقدرتها على الإحتفاظ بالرطوبة ، كما يؤثر على تيسير العناصر الغذائية ، وعلى النشاط البيولوجى بها .

٢- الجــزء العضوى

يأتى الجزء العضوى بالتربــة ، من المخلفات النباتية والحيوانية ، ومــا يضاف للتربــة من أسمدة عضوية ، ومن كائنات التربة ومخلفاتها . وتتعرض المواد العضوية للتحلل بواسطة الميكروبات ، وما يتخلف عــن التحلل ، من مواد معقدة التركيب ، يكون الدبال Humus ، وهو مادة ذات لون بنى غامق ، وطبيعة غروية ، ويؤثر على خواص التربة ، فيحسن البناء ، ويزيد من قدرة التربة على احتفاظها بالماء ، وسعة تبادل القواعد ، وله قدرة تنظيمية عالية ، كما أن له تأثيره الكبير على النشاط البيولوجى بالتربة ، حيث يعتبر مخزنا للعناصر الغذائية ، ذات الإنسياب البطىء .

٣- الماء الأرضى

الماء الأرضى (محلول التربة) ، له أهميته الكبيرة ، على نمو النبات، وعلى النشاط البيولوجى بالتربة . فالماء يكون ٧٠٪ على الأقل من بروتوبلازم الخلية الحية ، كما أنه يذيب الكثير من المواد العضوية وغير العضوية ، فتصبح ميسرة .

وتعتمد نسبة الماء الموجودة بالتربة ، على الظروف المناخية ، والصرف ، وتركيب التربة . وهو يوجد فى المسافات البينية ، بين حبيبات التربة ، كما يدمص كغشاء رقيق على أسطح الحبيبات .

٤- الهواء الأرضى

يتكون هواء التربة اساسا من CO_2 ، O_2 ، N_2 ، علاوة على نسب ضئيلة من الغازات الأخرى ، الناتجة عن النشاط الميكروبى .
وهواء التربة ، مصدره الأساسى الهواء الجوى ، وإن كان يختلف عنه فى التركيب ، بسبب العمليات البيولوجية التى تحدث بالتربة . فالهواء الأرضى مشبع ببخار الماء ، ومحتواه من CO_2 أعلى كثيرا مما فى الهواء الجوى ، بينما نجد أن محتواه من O_2 أقل . كما يحتوى الهواء الأرضى ، على نسب قليلة من الأمونيا ، والميثان ، وبعض المركبات المتطايرة . ويحدث باستمرار تبادل غازى ، بين هواء التربة والهواء الجوى ، فيدخل إلى الأرض الأكسجين ، ويخرج منها ثانى أكسيد الكربون.

يوجد الهواء الأرضى بين حبيبات التربة ، فى المسافات البينية الخالية من الماء ، لذلك ، فإن كمية الهواء الأرضى الموجودة بالتربة ، ترتبط عكسيا، مع كمية الرطوبة الموجودة بها .

سيادة الظروف اللاهوائية بالتربة ، لها تأثير سيىء على النشاط البيولوجى بها ، حيث تتوقف العمليات البيولوجية الهوائية المفيدة للتربة ، وتنشط الميكروبات اللاهوائية ، وتحدث تحولات ضارة ، كما تتراكم الكثير من المركبات غير المرغوب فيها ، والتى قد تضر النباتات ، والأحياء الموجودة بالتربة .

٥- أحيـاء التربة

بالإضافة إلى المجموع الجذرى الموجود بالتربة الزراعية ، فإنه يوجد بها أيضا ، الكثير من الكائنات الحية الحيوانية ، كالنيماتودا ودودة الأرض، والديدان والحشرات ، والمفصليات والقوارض ، كما يوجد عدد ضخم من الأحياء المجهرية ، التى يطلق عليها ميكروبات الأراضى ، والتى تشمل البكتريا ، والأكتينوميسيتات ، والفطريات ، والطحالب ، والبروتوزوا ، والفيروسات .

ميكروبات الأراضى

تلعب أحياء الأراضى المجهرية ، دورا أساسيا فى المحافظة على خصوبة التربة ، وعلى إمداد النباتات النامية بإحتياجاتها الغذائية ، من خلال معدنتها للمواد العضوية ، وتيسيرها للعناصر الغذائية ، وتثبيت النتروجين الجوى ، وتكوين الدبال ، وإفرازها للكثير من المواد المشجعة للنمو . كما أن تلك الميكروبات ، لها دور فعال فى المحافظة على التوازن البيولوجى فى الكون ، عن طريق انتاجها لثانى اكسيد الكربون ، الذى تبلغ نسبته بالجو حوالى ٠,٠٣ ٪ حجما ، وذلك خلال عمليات تحلل المواد العضوية ، مما يعوض النقص ، الذى يحدث بسبب عملية التمثيل الضوئى المستمرة ، وتحلل ملوثات البيئة ، والمبيدات الزراعية .

وتحت ظروف معينة ، مثل سيادة الظروف اللاهوائية بالتربة ، أو نقص العناصر الغذائية بها ، قد تتنافس ميكروبات التربة مع النباتات النامية، على العناصر الغذائية الموجودة بالتربة ، أو تفرز الميكروبات موادا ضارة بنمو النباتات ، أو تسبب لها أمراضا ، فتؤثر بذلك على إنتاجية الأراضى .

ويختلف أعداد وأنواع الكائنات المجهرية كثيرا ، من تربة لأخرى ، بإختلاف تركيب التربة ، والعمق ، ونوع الزراعة القائمة ، وظروف التربة البيئية ، من حرارة ورطوبة وتهوية ، ودرجة الحموضة ، ومحتوى التربة من العناصر الغذائية .

وحتى فى نفس الأرض الواحدة ، فإن أعداد وأنواع الأحياء المجهرية، يختلف كثيرا ، حسب الطريقة المستخدمة فى التقدير ، ووقت أخذ العينة ، وعمق التربة ، وعمليات الخدمة الزراعية ، والإضافات العضوية ، وطبيعة العلاقات المتبادلة ، بين كائنات التربة المجهرية .

البكتريـــا Bacteria

تعتبر البكتريا ، أكثر ميكروبات الأراضى وجودا بالتربة ، سواء من حيث الأعداد الكلية ، أو تعدد الأجناس والأنواع ، أو تنوع النشاط الذى تقوم به ، خاصة فى الأراضى المتعادلة ، أو المائلة قليلا للقلوية ، مما يعطى للبكتريا ، دورا رئيسيا بين أحياء التربة المختلفة . وقد قدر أن البكتريا الموجودة فى الأرض الخصبة ، تمثل من ٠,٠١ إلى ٠,١٪ من حجم التربة الكلى ، ويصل أعدادها إلى ١٠^٨ و ١٠^٩ / جم تربة .

يوجد بالأراضى مجاميع ، وأنواع ، عديدة من البكتريا ، ذات إحتياجات غذائية مختلفة ، ومنها الهوائى واللاهوائى ، والمحب للحرارة المرتفعة ، والمتوسطة ، والمنخفضة . ولاتتوزع البكتريا بإنتظام فى كتلة التربة ، ولكنها تتركز بأعداد كبيرة خليطه ، مكونه من مستعمرات ، بالغشاء المائى حول الحبيبات الصغيرة المعدنية والعضوية ، كما أنها توجد بكثرة حول جذور النباتات النامية ، وعلى أسطح الشعيرات الجذرية .

ونظرا لأن أغلب البكتريا هوائية ، فإنها توجد بكثرة فى الطبقة السطحيــة بالتربــة ، وتقل مع العمق . وتعتبر االبكتريا العصوية سواء السالبـــة ، أو الموجبــة لصبغة جرام ، أكثر انتشارا من الأنواع الكروية ، ومــن الأجنـــاس السالبـــه لجـرام ، الواسعـــه الانتشـــار بالأراضـــى Pseudomonas , Arthrobacter ، كما يكثر وجود جنس Bacillus الموجب لجرام ، خاصة فى أراضى المناطق الحارة .

ومن المجاميع البكتيرية الهامة بالأراضى مايلى

١- البكتريا غير ذاتية التغنية (الهتروترفيه) Heterotrophs (Organotrophs) .

وتحصل هــذه البكتريا على احتياجـــاتها ، من كربــون وطـاقة ، من المواد العضويـــة . وتمثل هــذه المجموعـــة ، أغلب أنواع البكتريا الموجــودة بالتربـــة ، وتقوم بالعديد من التفاعلات الهامة منها :
تحليل ، ومعدنة المواد العضوية ، وتحويلها إلى صـــور بسيطــه صالحـــة لتغذية النبات ، ونشدرة المواد البروتينية ، وتثبيت النتروجين الجوى ، تكافليا ولا تكافليا ، وتيسير العناصر المعدنية ، وتكوين الدبال .

٢- البكتريا ذاتية التغذية (الأوتوتروفية) Autotrophs (Lithotrophs) .

وتحصل هذه البكتريا ، على الكربون اللازم لها من CO_2 الجو ، وتحصل على الطاقة من أكسدة المواد الكيميائية ، أو من الضوء .

فمن البكتريا الأوتوترفية تلك المؤكسدة للمواد الكيميائية ، مثل بكتريا التأزوت (النترتة) . التى تؤكسد الأمونيا إلى نتريت ، ثم إلى نترات، وبكتريا أكسدة الكبريت ، وبعض أنواع بكتريا الحديد .

ومن البكتريا الأوتوترفية تلك الممثلة للضوء ، الهوائية ، مثل السيانوبكتريا (وقد تسمى البكتريا الخضراء المزرقة ؛ و كانت تسمى سابقا الطحالب الخضراء المزرقة) ، وهى مثبته لنتروجين الهواء الجوى ، ومن أجناس السيانوبكتريا الواسعة الانتشار بالتربة : Nostoc , Anabaena :

ومن البكتريا الأوتوتروفية الممثلة للضوء ، اللاهوائية ، بكتريا الكبريت ، الخضراء والأرجوانية ، المؤكسدة للكبريت غير العضوى .

٣- الأكتينو ميسيتات

توجد الأكتينوميسيتات ، وهى أحد المجاميع الهامة للبكتريا ، بكثرة فى الأراضى ، خاصة فى المناطق الحارة الجافة ، ويصل أعدادها إلى ١٠^٦ / جم تربة ، وأكثر أجناسها إنتشارا بالأراضى

Micromonospora , Nocardia , Streptomyces

وتلعب مجموعة الأكتينوميسيتات ، دورا هاما ، فى تحليل المواد العضوية المعقدة كالكيتين ، وفى تكوين الدبال ، وإعطاء التربة رائحتها المميزة ، وإنتاج المضادات الحيوية . كما أن بعض أنواعها ممرض للنبات ، مثل Streptomyces scabies ، المسبب لمرض الجدرى العادى Common scab ، بالبطاطس ، وبنجر السكر .

بالإضافة إلى ذلك ، فإن جنس فرانكيا Frankia التابع لهذه المجموعة ، له القدرة على تثبيت النتروجين الجوى تكافليا ، مع النباتات غير البقولية ، مثل الألناس ، والكازورينا .

الفطريـــات Fungi

الفطريات هوائية ، لذا تكثر بالطبقة السطحية من التربة ، وهى توجد كهيفات ، أو كجراثيم ، وتصل أعدادها إلى ١٠^٥ / جم تربة ، وتكثر فى الأراضى الحامضية .

والفطريـــات السائدة بالأراضى ، هـــى الفطريات الحقيقية Eumycetes بكل أجناسهـــا ، وإن كانت الأنواع التابعة لمجموعة Deuteromycetes ، هى الأكثر إنتشارا . وتكثر الفطريات اللزجة Myxomycetes ، فى أراضى الغابات، والمناطق الباردة .

تحلل الفطريات المواد العضوية المعقدة ، والمخلفات النباتيه كالسليلوز ، والبكتين ، واللجنين ، كمـــا أنها تساعد على تجميع حبيبات التربة ، بواسطة الميسيليوم الذى يمتد ، ويتخلل الأرض ، كما أن بعض أنواعها ممرض للنبات.

تعيش فطريات الميكوريزا Mycorrhiza ، معيشة تعاونية ، مع جذور كثير من النباتات ، مثل الأبصال ، والذرة ، والموالح ، حيث تقوم فطريات الميكوريزا ، بعمل الشعيرات الجذرية ، من حيث إمتصاص الماء ، والغذاء ، والأملاح خاصة الفوسفور ، الذى تقوم فطريات الميكوريزا بتحويله لصورة ميسرة للنبات . ويمد النبات ، فطر الميكوريزا ، بإحتياجاته من كربوهيدرات وأحماض أمينية وفيتامينات .
ومن أجناس الميكوريزا المنتشرة بالأراضى Glomus , Gigaspora .

الطحـــالب Algae

الطحالب أقل إنتشارا بالأراضى ، من البكتريا والفطريات . وهى هوائية أوتوتروفيه ممثلة للضوء ، لذا تكثر فى الطبقة السطحية من التربة فى وجود رطوبة عالية . وتسود الطحالب الخضراء والدياتومات ، فى أراضى المناطق المعتدلة ، بينما تسود الطحالب الخضراء المزرقة (السيانوبكتريا)، فى أراضى المناطق الحارة. وتوجد الطحالب فى الأراضى ، إما وحيدة الخلية، أو فى خيوط . وتصل أعدادها إلى ١٠^٤ / جم تربة .

ونظرا لقدرة الطحالب على التمثيل الضوئى ، فإنها قادرة على تكوين مواد عضوية بالتربة ، من مواد معدنية بسيطة مع ثانى اكسيد الكربون . وعند نموها على سطح الصخور ، تكون طبقة سميكه ، تعتبر مصدرا عضويا لنمو الكائنات المجهرية ، من بكتريا وفطر . ويؤدى نمو الطحالب ، إلى تكوين أحماض عضوية ، تساعد على التحول التدريجى للصخور ، إلى وسط صالح لنمو النباتات الأرقى . وبذلك فإن الطحالب تقوم بالخطوات الأولى ، فى تحويل الصخور إلى تربة زراعية .

البروتوزوا Protozoa

أكثر أنواع البروتوزوا تواجدا بالأراضى ، هى الأميبيات ، والسوطيات. وتنتشر البروتوزوا بالطبقة السطحية من التربة ، ويناسبها توفر الرطوبة ، والمادة العضوية ، وتصل أعدادها إلى ١٠^٢ / جم تربة . كما توجد البروتوزوا بكثرة فى الأراضى المسماة بالأراضى المريضة Sick soil ، وهى أراضى غدقة ، سيئة الصرف .

تتغذى البروتوزوا إما على المواد العضوية ، أو على إلتهام البكتريا وبعض المجهريات الأخرى ، كالخمائر والفطريات . لذلك ، يعتبر وجود البروتوزوا ، فى بعض الحالات ، عاملا محددا لإنتشار البكتريا بالأراضى ، وبذلك ، فإن البروتوزوا ، تلعب دورا فى عملية التوازن الميكروبى بالتربة .

الفيروسات Viruses

تصل فيروسات البكتريا والنبات والحيوان للتربة ، مع إضافة المخلفات النباتيه والحيوانيه ، كما أن أحياء التربة تحلل الكثير من الفيروسات .

وجود فيروسات البكتريا (بكتريوفاج) بالتربة ، قد يكون من العوامل المؤثرة ، على إنتشار بعض أنواع البكتريا الهامة ، مثل الأنواع المثبته للنتروجين الجوى ، كالرايزوبيا ، والسيانوبكتريا ، والأزوتوباكتر . كما تسبب الفيروسات النباتيه ، أمراضا عديدة للنبات .

الرايزوسفير Rhizosphere

تسمى المنطقة من التربة ، الملاصقة لجذور النبات ، والمتأثرة بها ، منطقة الرايزوسفير ، أى منطقة مجال المجموع الجذرى . وتمتاز هذه المنطقة ، بأن محتواها الميكروبى ، ونشاطها الفسيولوجى ، على وحول الجذور ، عالى جدا ، وقد تصل أعداد الميكروبات بمنطقة الرايزوسفير، إلى مئات المرات ، إذا ما قورنت بأعداد المحتوى الميكروبى الموجود بالتربة، البعيدة عن تأثير الجذور .

تتأثر الميكروبات الموجودة فى منطقة الرايزوسفير ، بما تفرزه جذور النباتات ، من مواد مغذية ، وسكريات ، وأحماض عضوية وامينية ، وفيتامينات ، وبما يتخلف عن النباتات ، من جذور متقطعة ، وخلايا ممزقة. كما يتأثر نمو النباتات ، بنواتج التمثيل الغذائى للميكروبات ، الموجودة بمنطقة الجذور .

من الميكروبات التى توجد ، بأعداد عالية ونشاط كبير ، فى منطقة المجموع الجذرى ، الميكروبات التى تقوم بمعدنة المواد العضوية ، والمحللة للسليلـوز ، والتى تقوم بعملية النشدرة ، وتيسير الفوسفور ، وأكسدة الكبريت .

العلاقات المتبادلة بين ميكروبات الأراضى
Interactions among soil microorganisms

يتضمن النظام البيئى الميكروبى بالتربة Microbial ecosytsem ، كلا من الأحياء المجهرية ، بأعدادها وأنواعها المتعددة ، والتربة ، بخواصها وظروفها المختلفة . فهذا النظام البيئى ، هو محصلة علاقات مكونات التربة الحية ، وغير الحية ، Biotic and abiotic components .

توجد الميكروبات فى التربة ، كمجتمع خليط ، بأعداد وفيرة ، وأنواع متعددة ، تنشأ بينها وبين بعضها ، العديد من العلاقات المتبادلة ، بعضها مفيد Beneficial associations ، والأخر ضار Detrimental .
وتسبب هذه العلاقات ، تغيرات مستمرة بين المجموعات الميكروبية ، وتؤدى فى النهاية ، إلى الإتزان البيولوجى Biological equilibrium ، الناتج من علاقات التعاون والتضاد .

من أمثلة العلاقات المفيدة بين الميكروبات ، مايلى

١- المعايشة أو المنفعة لطرف واحد Commensalism

فى المعايشة ، يستفيد أحد النوعين (النوع الأول) من النوع الثانى، بينما لايستفيد ، النوع الثانى من النوع الأول .
ويحدث ذلك ، على سبيل المثال ، عند تحلل المواد العضوية المعقدة ، كالسليلوز واللجنين ، بواسطة بعض الفطريات ، فيستفيد من نواتج التحلل (من جلوكوز وأحماض عضوية) ، ميكروبات أخرى ، غير قادرة على تحليل هذه المواد المعقدة . كما أن بعض الميكروبات ، تعتمد فى نموها ، على ماتفرزه ميكروبات أخرى ، من فيتامينات ومواد مشجعة للنمو .

٢- المشاركة أو التبادل Mutualism

فى هذه العلاقة ، يستفيد كل نوع من النوع الآخر ، ولكن التعاون بينهما ليس إجباريا ، فغياب أحد النوعين ، لايؤثر على وجود الآخر .
مثالا على ذلك ، ما يحدث من تبادل للعناصر الغذائية ، بين الأزوتوباكتر والمجهريات المحللة للنشا ، وبين السيانوبكتريا (الطحالب الخضراء المزرقة) ، وما يحيط بها من بكتريا . وتسمى حالة التعاون ، التى يحدث فيها تبادل للعناصر الغذائية بين الميكروبات ، باسم التغذية المتبادلة Syntrophism .

٣- التكافـــــل Symbiosis

هنا يستفيد كل نوع من النوع الآخر ، ويعتمد عليه ، والعلاقة بين النوعين ، وثيقة ومتخصصة . مثل ذلك ، العلاقة بين الريزوبيا والنباتات البقولية ، والفرانكيا والنباتات غير البقولية ، والميكوريزا فى جذور بعض النباتات ، وطحلب الأنابينا مع سرخس الأزولا .

من أمثلة العلاقات الضارة بين الميكروبات

١- التنـــــافس Competition

وفيها يتنازع النوعين ، على نوع واحد من الغذاء ، أو الأكسجين ، أو المكان ، مما يؤدى إلى سيادة النوع الأكثر تأقلما ، على النوع الآخر ، كما يحدث بين كثير من بكتريا التربة وفطر Fusarium oxysporum ، من منافسة على مصدر النتروجين ، عندما تكون كميته قليلة ، فتفوز البكتريا .

٢- التضـــــاد Antagonism

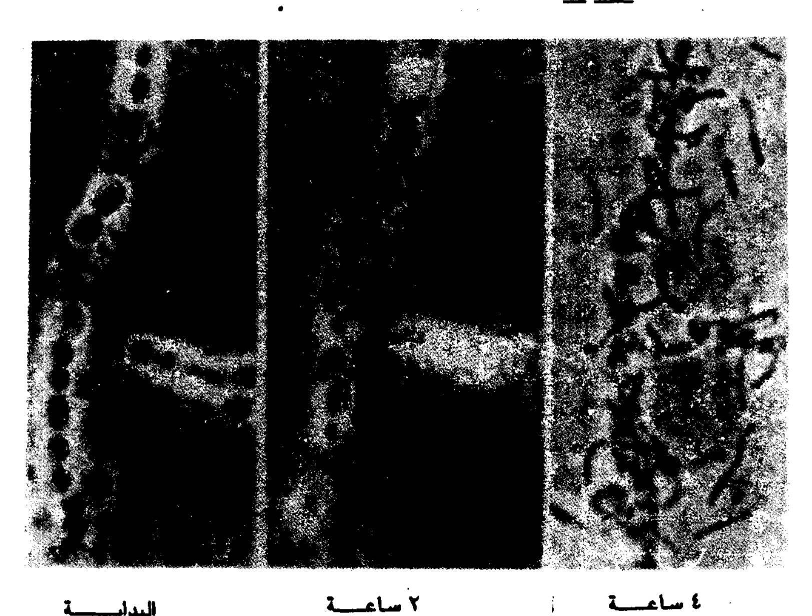
يحدث ذلك ، نتيجة انتاج نوع من الميكروبات ، أحماضا ضارة ، تؤثر على نمو الميكروبات الحساسة للحموضة ، أو تفرز موادا سامة ، أو مضادات حيوية ، كنواتج للتمثيل الغذائى ، فتؤثر على نمو الميكروبات الأخرى ، وقد تقضى عليها . وتعتبر الأكتينوميسيتات ، من أكثر الكائنات المجهرية ، إفرازا للمضادات الحيوية بالتربة ، التى تحد من انتشار الميكروبـــات الممرضة للنبات . وقد إستفاد الإنسان من تلك الخاصية ، بإنتاجه للمضادات من الأكتينوميسيتات ، ومن غيرها من الميكروبات ، وإستخدامها فى علاج الكثير من الأمراض كالتيفود ، والسل .

٣- التطفل والإفتراس. Parasitism and predation

تتعرض الكائنات المجهرية بالتربة ، للتطفل والإفتراس (شكلى ٥-٢ و ٥-٣) ، وهذا يحد من نشاطها ، أو قد يقضى عليها .
فتتطفل الفيروسات على مجهريات التربة ، وقد تؤدى إصابة الرايزوبيا بالفاج ، إلى نقص عدد الرايزوبيا ، وعدم تكوين عقد بكتيرية على جذر النبات ، كما يتطفل على البكتريا ، بكتريا واوية سالبة لجرام هى Bdellovibrio bacteriovorus ، توجد بالأرض ومياه المجارى ، وتسبب تحلل خلايا البكتريا وموتها . كما توجد أنواع من الفطريات ، تتطفل على فطريات أخرى ، وعلى الطحالب والبروتوزوا والنيماتودا.
من حيث الإفتراس ، تعتبر البكتريا من أكثر الأحياء الدقيقة بالتربة، تعرضا للإفتراس . فتقوم البروتوزوا ، والفطريات اللزجة Myxomycetes بالتهام البكتريا . كما تتغذى البكتريا اللزجة Myxobacteria على البكتريا الأخرى ، بإذابة خلاياها ، بما تفرزه البكتريا اللزجة من إنزيمات خارجية محللة ، ثم تمتص المواد المتحللة ، وتتغذى عليها .



شكل ٥-٢ : صورة بالمجهر الإلكترونى ، توضح اختراق البديللوفبريو لجدار بكتريا E. coli (× ٨٤.٠٠٠)



البدايـــة ٢ ســاعـــة ٤ ســاعـــة

شكل ٥-٣ : تحلل السيانـوبكتريا (خيط نوستوك) بواسطـــة الميكسوباكتر خـــلال عـــدة ســاعـــات .

دورات العناصر Cycle of elements

الـــدور الذى تلعبـــه ميكروبـــات الأراضـــى فى التحـــولات الأرضيـــة البيوكيميائية Biogeochemical role of soil microorganisms

تقوم ميكروبات الأراضى ، بتحويل المواد العضوية المعقدة ، إلى مركبات معدنية بسيطة . وتسمى هذه العملية بالمعدنة Mineralization . وتوفر هذه العملية ، العناصر الغذائية للميكروبات ، والنبات ، والحيوان ، والإنسان.

تصل المـــواد العضوية إلى التربة ، من مصادر عديدة ، منها المخلفات النباتية (وهى اهـم تلك المصادر) ، والمخلفات الحيوانية ، والتسميد العضوى ، والمخلفات الميكروبية .
وتتعرض تلك المواد العضوية ، لنشاط الميكروبات الهتروتروفية ، التى تقوم بما تفرزه من إنزيمات ، بتحليل تلك المواد العضوية ، للحصول على الطاقة وبناء خلاياها ، مع تحول نسبة كبيرة من كربون المادة العضوية ، إلى ثانى اكسيد الكربون .

ونتيجة لتحلل المواد العضوية ، تختفى المواد السريعة التحلل أولا ، ثم يبطؤ التحلل تدريجيا بعد ذلك ، وتختفى الانسجة النباتية والحيوانية ، ويتبقى فى نهاية التحلل ، المواد الصعبة التحلل ، التى تكون مع المخلفات الميكروبية وبعض معادن الطين ، مادة معقدة التركيب ، بطيئة التحلل ، لونها غامق ، هى الدبال ، التى تؤثر على خواص التربة الفيزيائية ، والكيميائية ، والبيولوجية .

وبذلك ، فإنه يحدث اثناء معدنة المواد العضوية ، بتأثير ميكروبات الأراضى ، عدة عمليات فى وقت واحد . الأولى ، اختفاء الانسجة النباتية والحيوانية من المواد العضوية المضافة ، والثانية ، تكون أنسجة جديدة وخــلايا ميكروبية ، والثالثة ، تكون الدبال من المواد الصعبة التحلل ، والرابعة ، تكون نواتج نهائية لعملية التحلل .

ويتضح الـــدور الذى تلعبه ميكروبات الأراضى ، فيما تقوم به فى التربة ، من تحولات بيوكيميائية ، كما فى دورات الكربون ، والنتروجين ، والكبريت ، والفوسفور ، وغيرها من العناصر . وهذه الدورات ، لها تأثيرها الكبير على إنتاجية الأراضى ، وعلى ما حولنا من ظروف بيئية .

دورة الكربـــــون Carbon cycle

تثبيت ثانى اكسيد الكربون Carbon dioxide fixation

المصدر الأساسى فى الطبيعة ، لكربون المركبات العضوية الكربونية، هو ثاني أكسيد الكربون ، الموجود فى الهواء الجوى ، أو المذاب فى الماء. ورغم أن النباتات والطحالب ، هى العوامل الأساسية لتثبيت ثانى اكسيد الكربون ، وتحويله بالإختزال الى مواد عضوية ، فإن البكتريا ، قادرة أيضا على تكوين المواد العضوية ، من ثانى اكسيد الكربون ، كما يتضح مما يلى

١- البكتريا الأوتوتروفيـــة

يعتبر CO_2 الجو ، مصدر الكربون الوحيد للبكتريا الأوتوتروفية . ونتيجة للإختزال ، فإنه يتحول إلى كربوهيدرات ، حسب المعادلـــة العامة :

$$CO_2 + 2\,H_2S \longrightarrow (H\,CHO)_n + H_2O + 2\,S$$

٢- البكتريا الهتروترفية

تثبيت CO_2 ، عملية شائعة بين البكتريا الهتروتروفية ، ومصدر الكربون هنا هو المواد العضوية ، كما يتضح من المعادلة الآتية

$$\underset{\text{حامض بيروفيك}}{CH_3\,CO\,COOH} + CO_2 \longrightarrow \underset{\text{حامض أكسال أسيتيك}}{HOOC - CH_2 - CO - COOH}$$

تحلل المواد العضوية الكربونية
Organic carbon compounds degradation

تتعرض المواد العضوية الكربونية ، التى تصل إلى التربة ، للتحلل بتأثير النشاط الميكروبى ، مع تكون غاز ثانى اكسيد الكربون (وهو من النواتج النهائية للتحلل) ، الذى يتصاعد الى الجو ، كما ينتشر بالتربة . وتختلف المواد العضوية فى سرعة تحللها ، فمنها السريع ، كالمكونات الذائبة والسكريات البسيطة ، يليها النشا والسليلوز ، ومنها البطىء ، مثل اللجنين والشموع والراتنجات .

والناتج النهائى لتحلل المواد الكربونية ، تحت الظروف الهوائية هو CO_2 , H_2O ، نتيجة الأكسدة الكاملة .
أما تحت الظروف اللاهوائية ، فإن الأكسدة تكون غير كاملة ، فتنتج كحولات ، كالإيثانول والبروبانول والبيوتانول ، وأحماض عضوية ، مثل الخليك والفورميك والبيوتيريك واللاكتيك ، وغازات مثل ، CO_2 , H_2 , CH_4 , H_2S , NH_3 ... وغيرها .

السليلوز Cellulose

من أمثلة المواد العضوية الكربونية ، التى تتعرض للتحلل بالتربة ، السليلوز . ويعتبر السليلوز ، المكون الأساسى بالمخلفات النباتية ، حيث تصل نسبته ، إلى حوالى ٦٠ ٪ ، من تركيب تلك المخلفات ، وهو مادة كربوهيدراتية معقدة ، يتركب من وحدات عديدة من الجلوكوز ، مرتبطة بروابط جليكوزيدية ، من نوع بيتا ١ - ٤ . وهى يلى السكربات البسيطة والنشا ، من حيث سرعة التحلل ، بواسطة ميكروبات الأراضى .

يتحلل السليلوز فى التربة ، بواسطة الميكروبات ، بما تفرزه من إنزيمات ، تسمى فى مجموعها Cellulases ، فيتحلل تدريجيا ، حتى يصل إلى السيللوبيوز Cellobiose ، وهو وحدتين من الجلوكوز ، ثم إلى جلوكوز ، الذى يستخدمه الميكروب ، كمصدر للكربون والطاقة . ويتحلل الجلوكوز هوائى إلى CO_2 , H_2O ، أو لاهوائى إلى مركبات وسطية ، وذلك حسب ظروف الميكروب .

ويمكن تلخيص عمليات التحلل فى الخطوات الآتية

Cellulose —— C_1 enzyme / Endo B 1-4 glucanase ——> Small chains of cello - oligo - saccharides

Cello - oligo saccharides —— Cx enzyme / Exo B 1-4 glucanase ——> cellobiose

Cellobiose —— Cellobiase / B 1-4 glucosidase ——> glucose

$$\text{glucose} \xrightarrow{\text{Enzyme system of organisms}} CO_2\ , H_2O\ \text{, and other, end products}$$

الميكروبات النشطة فى تحليل السليلوز (شكل ٥-٤) ، هى البكتريا الهوائية واللاهوائية ، والفطريات . وتسود البكتريا والأكتينوميسيتات ، فى الأراضى المتعادلة والمائلة للقلوية ، بينما تسود الفطريات ، فى الظروف الحامضية .

من أجناس البكتريا المحللة Cytophage , Bacillus , Clostridium

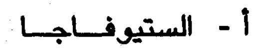
ومن أجناس الاكتينوميسيتات Micromonospora , Nocardia , Streptomyces

ومن الفطريات Alternaria , Aspergillus , Chaetomium , Penicillium

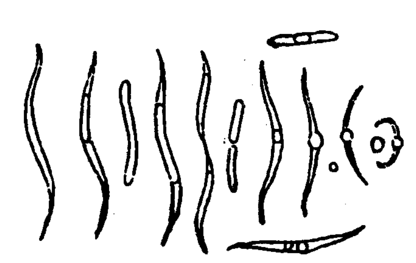
ونظرا لأن الحيوانات ، غير قادرة على إفراز الانزيمات المحللة للسليلوز ، فإن البكتريا المحللة للسليلوز ، الموجودة بمعدة الحيوانات آكلة العشب ، تعتبر المسئولة ، عن تحلل المواد السليلوزية الموجودة بالعليقة .

المخلفات العضوية الاخرى

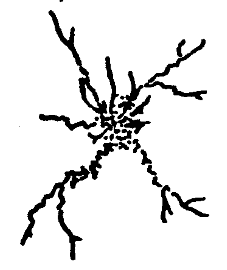
تتعرض المخلفات العضوية الأخرى ، كالنشا ، والهيميسليلوز ، والبكتين ، والكيتين ، والصموغ ، واللجنين ، للتحلل الميكروبى ، كما حدث فى حالة السليلوز ، الذى سبق الكلام عنه ، مع اختلاف الإنزيمات ، والميكروبات المحللة ، حسب نوع المخلفات ، وظروف التربة .



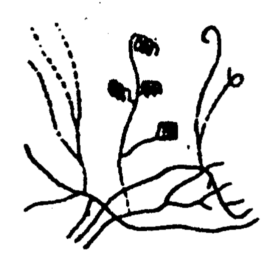
أ - الستيوفـــاجـــا



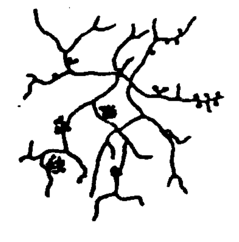
ب- الاكتينوميسيتات



Nocardia

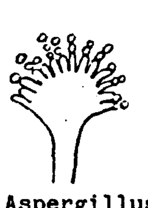


Streptomyces

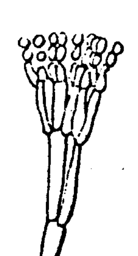


Micromonospora

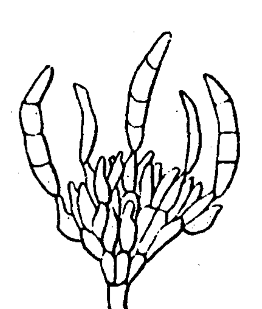
جـ - الفطـــريـــــات



Aspergillus



Penicillium



Fusarium

شكل ٥-٤ : بعــض الميكروبـــات المحللـــة للسليلـــوز من سيتوفـــاجـــا ، وأكتينوميسيتات ، وفطريـــــات .

تكون وأكسدة غاز الميثان
Production and oxidation of methane

يتكون غاز الميثان ، تحت الظروف اللاهوائية ، من تحلل المواد العضوية القابلة للأكسدة . ويحدث ذلك بالتربة المغمورة بالمياه ، وفى قاع البرك والمستنقعات ، وفى كرش الحيوانات المجترة .

يقـوم بإنتاج غاز الميثان ، مجموعة من البكتريا اللاهوائية المتخصصة ، تسمى البكتريا المنتجة لغاز الميثان Methanogenic bacteria ، مثل ، Methanospirillum , Methanobacterium , Methanococcus .
ومصـادر الكربون الملائمة لهذه البكتريا ، هى الأحماض العضوية ، والكحولات ، وغاز CO_2 ، التى تنتجها الميكروبات الأخرى ، التى تحلل الكربوهيدرات لاهوائيا .

ينتج غاز الميثان ، بواسطة البكتريا المتخصصة ، بمجموعة من التفاعلات ، من أمثلتها ، المعادلات العامة التالية

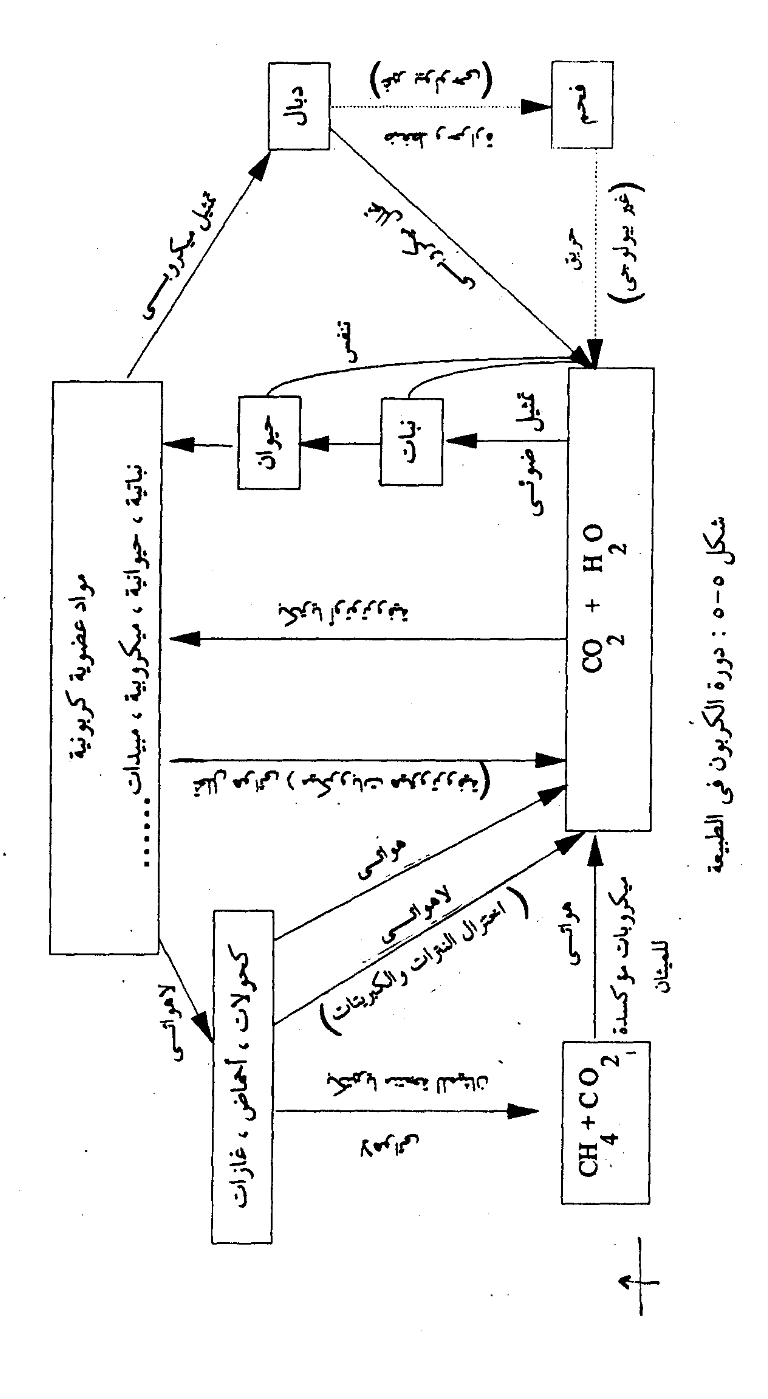
$$CO_2 + 4H_2 \longrightarrow CH_4 + 2H_2O$$

$$CH_3 - COOH \longrightarrow CH_4 + CO_2$$

$$2CH_3\ CH_2OH \longrightarrow 3CH_4 + CO_2$$

إذا أصبحت الظروف هوائية ، فإن البكتريا المؤكسدة للميثان Methylotrophic bacteria ، وهى هوائية حتما ، مثل Methylococcus , Methylomonas، علاوة على بعض الفطريات ، تقوم بأكسدة الميثان ، وأكسدة مجموعة الميثايل ، واستخدامهما كمصدر للكربون . وتوجد هذه الميكروبات فى التربة جيدة التهوية ، وعلى سطح مياه الأراضى المغمورة ، حيث تستفيد من الميثان المتكون ، فى الأعماق البعيدة عن الأكسجين ، أو فى مسام التربة الضيقة .

ويوضح الشكل (٥-٥) دورة الكربون فى الطبيعة



شكل ٥-٥ : دورة الكربون في الطبيعة

دورة النتروجين Nitrogen cycle

يعتبر النتروجين ، حجر الأساس فى جزىء البروتين ، المكون لبروتوبلازم جميع الخلايا الحية . وتعتمد الحياة ، على استمرار سد النقص فى المركبات النتروجينية ، التى تعتبر من أكثر المركبات فى الطبيعة ، تعرضا للتحولات البيولوجية ، بما فى ذلك من تفاعلات الأكسدة والإختزال . وتسمى هذه التحولات مجتمعة ، بدورة النتروجين . ويقوم بتلك التحولات ، العديد من الميكروبات ، بما تفرزه من إنزيمات .

يضاف النتروجين للتربة ، على هيئة أسمدة معدنية ، أو فى صورة عضوية ، تشمل المخلفات النباتية ، والحيوانية ، والميكروبية ، والأسمدة العضوية .

وتشمل التحولات البيولوجية للنتروجين ما يلى

أولا : معدنة النتروجين العضوى Organic nitrogen mineralization

يأخذ النبات معظم إحتياجاته من النتروجين ، فى صورة معدنية (أمونيا ونترات) . لذلك ، فإن معدنة المواد العضوية النتروجينية ، ومنها البروتين ، والأحماض النووية ، والسكريات الأمينية ... وغيرها ، تعتبر عملية أساسية لدورة النتروجين ، وخصوبة الأراضى .

وتتضمن عملية المعدنة ، خطوتين أساسيتين هما : النشدرة Ammonification ، وهى عبارة عن تحلل النتروجين العضوى حتى يكون الأمونيا، والتأزوت (النترتة) Nitrification ، وهى عبارة عن أكسدة الأمونيا إلى نترات.

١- النشدرة

تقوم أعداد ضخمة من ميكروبات الأراضى ، بما تفرزه من إنزيمات خارجية محللة للبروتين ، بتحليل البروتين إلى أحماض أمينية . ومن الميكروبات النشطة ، فى تحليل البروتينات

البكتريا الهوائية واللاهوائية مثل

Bacillus , *Proteus* , *Pseudomonas* , *Clostridium sporogenes*

والأكتينوميسيتـــات مثـــل Streptomyces
والفطريـــــات مثـــل Alternaria , Aspergillus , Penicillium

تحت الظروف الهوائية ، تكون نواتج تحلل البروتين النهائية ، هى الأمونيا ، و CO_2 , H_2O , H_2S .

أما تحت الظروف اللاهوائية ، فإنه يصحب التحلل ، تكون روائح كريهه ، لحدوث تعفن Putrefaction ، حيث تكون النواتج النهائية ، أمونيا ، أمينات ، أحماض عضوية ، أحماض أمينية ، H_2S , CO_2 ، ومركبات كبريتية كالمركبتان ، والسكاتول .

يتحلل البروتين على خطوات

$$\text{Protein} \xrightarrow{\text{Proteinases}} \text{Proteose} \xrightarrow{\text{Proteases}} \text{Peptides} \xrightarrow{\text{Peptidases}} \text{Amino acids}$$

الأحماض الأمينية الناتجة من التحلل ، جزء منها تستخدمه الميكروبات الهتروتروفيه ، كمصدر للنتروجين والكربون ، والجزء الباقى ، يتحلل بتأثير بعض الميكروبات .

تتعرض الأحماض الأمينية ، للتحلل الميكروبى بطرق عديدة ، وذلك حسب ظروف التربة ، والميكروبات ، حيث يتم نزع جزىء الأمين Deamination، أو نزع جزىء الكربوكسيل Decarboxylation ، ويتم ذلك بطرق عديدة ، تمثلها المعادلات العامة التالية

Deamination (Oxidative)

$$R.\ CH.\ NH_2\ COOH \xrightarrow[\text{Deaminase}]{+ O_2} R.\ CO.\ COOH + NH_3$$

Decarboxylation

$$R.\ CH.\ NH_2\ COOH \xrightarrow[\text{Decarboxylase}]{- CO_2} R.\ CH_2\ NH_2 + CO_2$$

Hydrolysis

$$R.\ CH_2.\ NH_2 \xrightarrow{+\ H_2O} R.\ CH_2\ OH\ +\ NH_3$$

الأمونيا المتكونة ، قد تتطاير ، أو تذوب بالتربة وتكون NH_4^+ ، أو تتأكسد إلى نترات ، حيث تستعمل الأمونيا أو النترات ، فى تغذية النبات والميكروبات، أو تتعرضان للفقد .

٢- التأزوت (النترتة)

تقوم ميكروبات الأراضى ، بتحويل الأمونيا المتجمعة ، إلى نترات بالأكسدة . ويتم ذلك على مرحلتين ، لكل مرحلة ، مجموعة البكتريا المتخصصة لها ، وكلها بكتريا هوائية ، أوتوتروفية حتما ، سالبه لصبغة جرام ، ذات أشكال مورفولوجية متعددة ، بطيئة النمو ، توجد فى التربة والمياه ، وفى مياه المجارى . وتحصل هذه البكتريا على الطاقة اللازمة لها، من عملية الأكسدة

أ- أكسدة الأمونيا إلى نتريت ، بواسطة البكتريا المؤكسدة للأمونيا مثل Nitrosomonas , Nitrosococcus , Nitrosovibrio ، وتقوم هذه البكتريا بالتفاعل التالى

$$2\,NH_3\ +\ 3\,O_2 \longrightarrow 2\,HNO_2\ +\ 2\,H_2O\ +\ energy$$

ب- أكسدة النيتريت إلى نترات ، بواسطة البكتريا المؤكسدة للنتريت مثل Nitrobacter , Nitrococcus ، وتقوم هذه البكتريا بالتفاعل التالى

$$2\,HNO_2\ +\ O_2 \longrightarrow 2\,HNO_3\ +\ energy$$

يلاحظ ان النتريت المتكون فى الخطوة الأولى ، سام للنبات ، ولكنه لايتراكم بالتربة ، فبمجرد تكونه ، يتأكسد إلى نترات ، مفيد للنبات .

عملية التأزوت ، عملية بيولوجية هامة بالأراضى ، حيث أن النترات المتكون ، هو أفضل صورة لإمتصـــــاص المواد النتروجينية ، فى أغلب النباتات .

ثانيا: فقد النتروجين من التربة Nitrogen loss from soil

يفقد النتروجين من التربة ، إما بطريقة بيولوجية ، كما يحدث فى عملية انطلاق (تحرير) النتروجين Denitrification ، واختزال النترات Nitrate reduction ، أو بطريقة غير بيولوجية ، بالتطاير ، وفى مياه الصرف.

فقد النتروجين ، عملية غير مرغوبه زراعيا ، والظروف البيئية التى تسمح بالفقد البيولوجى ، هى : وجود ظروف لاهوائيه ، توفر المواد العضوية القابله للأكسدة ، ارتفاع حرارة التربة (من ٢٥ إلى ٦٥°م) ، والوسط المتعادل ، أو المائل للقلوية .

ويحدث الفقد ، بواسطة انواع كثيرة من البكتريا ، الأوتوتروفيه والهتروتروفية ، بما تفرزه من إنزيمات ، فى سلسلة من التفاعلات البيوكيميائية ، حيث ، أنه فى غياب الأكسجين ، تعمل النترات كمستقبل للإيدروجين ، لهذه البكتريا .

- انطـــلاق النتروجين

فى هذه العملية ، تختزل النترات اختزالا كامــلا ، إلى نتروجين غازى .

$$2\,NO_3^- \longrightarrow 2\,NO_2^- \longrightarrow 2\,NO \longrightarrow N_2O \longrightarrow N_2$$

Nitrate — Nitrite — Nitric oxide — Nitrous oxide — Nitrogen

- اختـــزال النتـــرات

فى هذه العملية ، تختزل النترات إلى أمونيا ، وهو عكس عملية التأزوت.

$$HNO_3 + 4\,H_2 \longrightarrow NH_3 + 3\,H_2O$$

$$NO_3^- \longrightarrow NO_2^- \longrightarrow NH_3$$

من أجناس البكتريا التى تقوم بهذه التفاعلات :

Achromobacter , Alcaligenes , Bacillus , Chromatium , Hyphomicrobium , Pseudomonas , Thiobacillus and Vibrio

ومما يذكر ، أن البكتريا التى تقوم بهذه التفاعلات ، غير متخصصه، فكثير منها فى الظروف العادية ، يقوم بعمليات النشدرة ، وغيرها من التفاعلات الحيوية . ولكنها تقوم بعمليات الإختزال وإنطلاق النتروجين ، عند ما تسود بالتربة الظروف البيئية ، المشجعه لهذه التحولات .

ثالثا : تثبيت النتروجين الجوى Nitrogen fixation , Diazotrophy

المقصود بعملية التثبيت الحيوى للنتروجين الجوى ، هو تحويل النتروجين الجوى ، بواسطة الميكروبات ، إلى أمونيا ، حيث يستخدم لبناء خلاياها . وتوجد مجموعة كبيرة من الكائنات ، بدائية النواه (بروكاريوتا)، لها القدرة على استخدام النتروجين الغازى ، كمصدر للنتروجين ، لاحتوائها على انزيم النيتروجيناز Nitrogenase ، المثبت لنتروجين الهواء الجوى ، والذى يقوم بالتفاعل التالى ، لإنتاج الأمونيا

$$N_2 \longrightarrow N \equiv N \xrightarrow[\text{Nitrogenase}]{+\ 6H^+\ +\ 6e^-\ +\ n\,ATP} 2\,NH_3$$

الأمونيا المثبته داخل جسم الميكروب ، تمثل لبناء مواد بروتينية

$$NH_3 + \text{glutamate} \xrightarrow{\text{Synthetase}} \text{Amino acids} \xrightarrow{\text{Biosynthesis}} \text{Proteins}$$

البكتريا المثبته للنتروجين الجوى مجموعتان (جدول ٥-١)

١- بكتريا لاتكافليه Non-Symbiotic

وهى تثبت النتروجين، أثناء معيشتها الحرة بالتربة Free-living diazotrophs.

٢- بكتريا تكافلية Symbiotic

وهى تثبت النتروجين ، عندما تعيش تكافليا مع النبات (غالبا فى جـــذور النبات) Symbiotic diazotrophs .

جدول ٥-١ : بعض أجناس وأنواع البكتريا الهامة ، المثبته للنتروجين الجوى

A: Free - living Diazotrophs

A 1: Heterotrophs

Azospirillum lipoferum	محب للهواء بكمية قليلة
Azotobacter chroococcum	هوائى
Beijerinckia indicum	هوائى
Bacillus polymyxa	اختيارى للهواء
Enterobacter aerogenes	اختيارى للهواء
Escherichia coli	اختيارى للهواء
Clostridium pasteurianum	لاهوائى

A 2 : Autotrophs

1- Oxygenic photobacteria (Cyanobacteria)

Gloeocapsa	وحيد الخلية
Anabaena	خيطى يكون هتيـروسست
Nostoc	خيطى يكون هتيـروسست
Oscillatoria	خيطى لايكون هتيروسست
Plectonema	خيطى لايكون هتيروسست

2- Anoxygenic photobacteria

Chlorobium thiosulfatophilum

Chromatium vinosum

Rhodospirillum rubrum

3- Chemosynthetic bacteria

Thiobacillus sp.

B: Symbiotic diazotrophs

1- Rhizobium on legumes

2- Frankia on non-legumes

3- Anabaena on Azolla

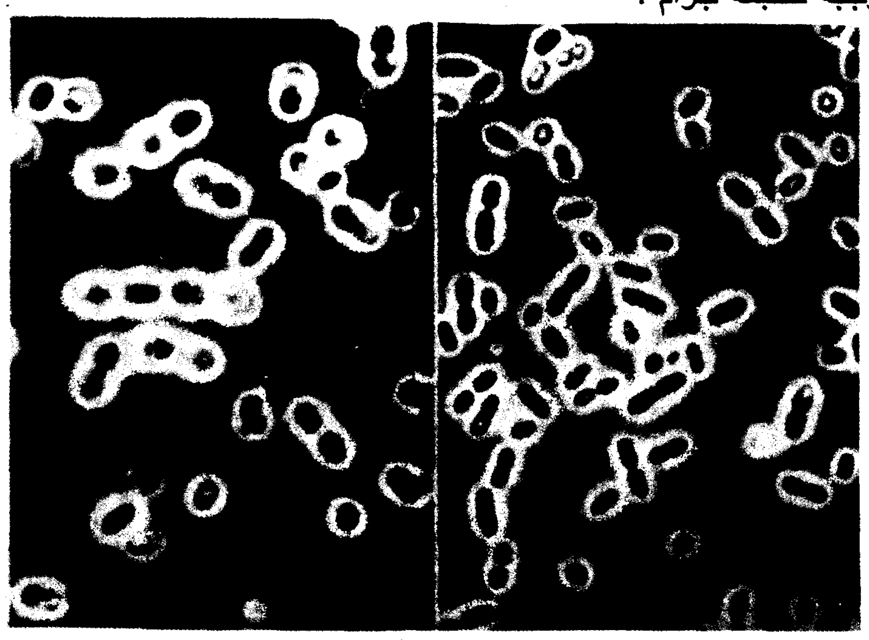
التثبيت اللاتكافلى Non-symbiotic fixation

تقوم انواع عديدة ، من البكتريا الهتروتروفيه والاوتوتروفيه ، بتثبيت النتروجين الجوى لاتكافليا . وتتراوح كمية النتروجين المثبته عادة ، ما بين ١٠ - ٢٥ كجم نتروجين / فدان سنويا ، وذلك حسب ظروف التربة . وبالإضافة إلى قدرة هذه الميكروبات ، على تثبيت النتروجين ، فإنها تفرز الكثير من المواد المنشطة للنمو ، مثل إندول حامض الخليك ، وبعض الفيتامينات ، التى تساعد على زيادة انتاج المحصول المنزرع .

والأنواع الهتروتروفيه الكثيرة الأنتشار بالتربة ، هى

Azotobacter spp. (شكل ٥-٦) ، وهى هوائية ، كروية إلى بيضاوية ، غالبا فى أزواج ، سالبة لصبغة جرام .

Clostridium pasteurianum (شكل ٥-٧) ، وهى لاهوائية ، عصوية متجرثمة ، موجبة لصبغة جرام .



شكل ٥-٦ : بكتريا الأزوتوباكتر بمجهر تباين الأطوار الضوئى (x ١.٢٠٠)

الأنواع الأوتوتروفيه ، التى تلعب دورا هاما فى تثبيت النتروجين الجوى ، فى الأراضى المنزرعة أرزا ، هى البكتريا الممثلة للضوء الأكسوجينية (السيانوبكتريا) ، ومن أجناسها الواسعة الانتشار : Nostoc , Anabaena (شكل ٥-٨) ، وهى خيطية وتكون هتيروسست Heterocyst، وهذه ، عبارة عن خلايا خاصة ، توجد على مسافات بطول خيط البكتريا ، وهى مكان تثبيت النتروجين بهذه السيانوبكتريا .



Cl. pasteurianum

شكل ٥-٧ : بكتريا لاهوائية مثبته للنتروجين الجوى (× ١٠٠٠)



شكل ٥-٨ : خيط سيانوبكتريا نوستوك عمره ١٠ أيام (× ١.٢٠٠)

التثبيت التكافلى Symbiotic fixation

تقوم أنواع من البكتريا ، والأكتينوميسيتات ، وبعض السيانوبكتريا، بتثبيت النتروجين الجوى داخل النباتات ، بالإشتراك مع بعض النباتات ، مغطاة ، ومعراة البذور .

من صور التثبيت التكافلى

١- التكافل بين الرايزوبيا والنباتات البقولية
Rhizobium - legume symbiosis

فى هذه المعيشه التكافلية ، تقوم بعملية التثبيت ، بكتريا العقد الجدرية Root-nodule bacteria ، التابعة لجنسى Bradyrhizobium و Rhizobium ، وذلك بداخل العقد الجذرية Root-nodules ، حيث تعيش هذه البكتريا معيشة تكافلية ، مع النباتات البقولية مثل البرسيم ، والبسلة ، والفاصوليا ، والفول، وفول الصويا .

وفى هذه العلاقة التكافلية ، فإن النبات يمد البكتريا ، بما تحتاجه من سكريات ، ومصادر للطاقة ، ومواد عضوية ، وغير عضوية ، بينما تمد البكتريا ، النبات ، بالمواد النتروجينية المثبته .

وهناك نـوع من التخصص بين البكتريا العقدية ، والنبات البقولى العائل . فلكل نبات بقولى ، أو مجموعة من النباتات البقولية ، نوع ، أو سلالة معينة من الرايزوبيا ، التى تستطيع ان تكون عقدا على جذور ذلك النبات ، وتثبت بالعقدة النتروجين ، بينما لاتستطيع ذلك سلالة أخرى .
مثالا على ذلك ، فإن البكتريا R. meliloti ، تكون عقدا فعالة ، قادرة على تثبيت النتروجين ، بجذور نباتات مجموعة البرسيم الحجازى ، وهى البرسيم الحجازى ، والحلبه ، والحندقوق ، بينما لاتستطيع أن تكون تلك العقد ، أو تكون عقدا كاذبة غير مثبته للنتروجين ، بالبرسيم العادى ، والمجموعة التابعة له ، لأن مجموعـة البرسيم العـادى ، تصيبها البكتريـا من نوع R. trifolii ... وهكذا .
وحتى بالنسبة للنوع الواحد من النبات البقولى ، فإنه توجد سلالات فعالة من الرايزوبيا ، التى تصيبـه بكفاءة ، عن سلالات أخرى .

لذلك ، تقسم البكتريا العقدية ، حسب مجموعة العوائل النباتية ، التى تصيبها ، إلى سبعة مجاميع ريزوبيا رئيسية ، هى

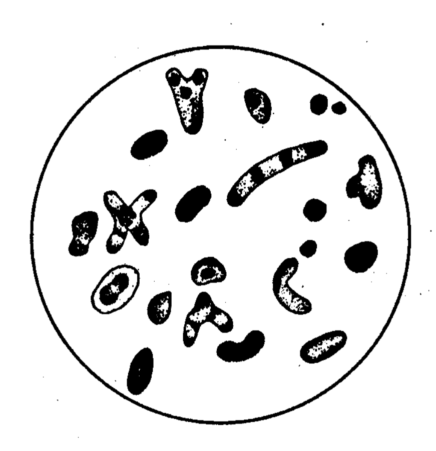
R. meliloti (Alfalfa group)
R. trifiolii (Clover group)
R. leguminosarum (Pea group)
R. phaseoli (Bean group)
Br. japonicum (Soybean group)
Br. lupini (Lupine group)
Br. sp. (Cowpea group).

والبكتريا العقدية هوائية ، وعندما توجد فى الحالة الحرة بالتربة، تكون عصوية الشكل ، غير قادرة على تثبيت النتروجين . وعند زراعة النبات البقولى ، فإن البكتريا العقدية - اذا كانت من النوع المتخصص للنبات المنزرع - تغزو المجموع الجذرى ، وتدخل من طرف الشعيرات الجذرية ، وتنمو مكونة خيط العدوى infection thread (وهو مكون من البكتريا العقدية، محاطة بأنبوبة من السليلون) .
يمتد خيط العـدى داخل الشعيرة الجذرية ، حتى يصل إلى خلايا القشرة بالجذر ، أو البريسيكل فى بعض النباتات ، حيث يتفرع بالخلايا ، ثم يختفى خيط العدوى المغلف للبكتريا ، وتتكاثر البكتريا تكاثرا سريعا ، وتتنبه خلايا القشرة (أو البريسيكل) ، فتنشط ، وتتكاثر ، وتتضخم ، وبذلك تتكون العقدة الجذرية ، التى تتصل بالحزم الوعائية للجذر، وتعيش البكتريا العقدية ، فى خلايا العقدة ، حيث تثبت النتروجين ، وتتم عملية تبادل المنفعة .

تأخذ البكتريا وهى فى العقدة أشكال TLYXV ، (شكل ٥-٩) ، ويسمى ذلك طور البكتيرويد Bacteroid ، وهو طور البكتريا العقدية ، الموجود بالعقد الجذرية ، المحتوى على انزيم النيتروجيناز ، المثبت لنتروجين الهواء الجوى.

شكل وحجم العقد الجذرية ، يختلف بإختلاف العائل ، وتتكون العقدة على الجذر ، فى مدة لاتقل عن أسبوعين من بدء الاصابة ، وتستمر البكتريا بالعقدة مدة حوالى سبعة أسابيع ، ثم تنفجر العقدة ، وتخرج منها البكتريا لتعيش حرة فى التربة ، لتغزو شعيرات جذرية أخرى .

أهمية البكتريا العقدية كبيرة ، بالنسبة لكل من النبات البقولى ، والتربة الزراعية . فالنبات البقولى ، يجد حاجته من النتروجين المثبت ، كما أن الزائد عن حاجته ، وما يتخلف بالتربة بعد حصاده ، من عقد غنيه بالمواد النتروجينية ، تفيد المحصول التالى .

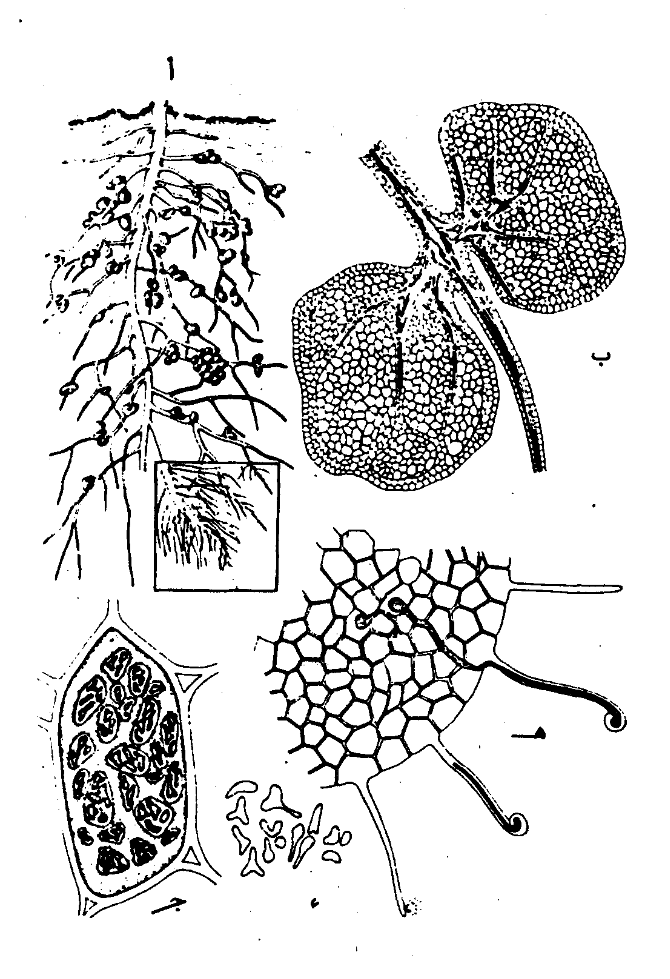


شكل ٥-٩ : نماذج لأشكال بكتريا الرايزوبيا فى طور البكتيرويد بداخل عقده جذرية (× ١.٢٠٠) .

مقدار ما تثبته البكتريا العقدية من نتروجين ، يختلف بإختلاف النبات وظروف التربة ، وقد تصل فى حالة البرسيم الحجازى إلى ١٠٠ كجم نتروجين للفدان سنويا .

وتعتبر عملية تلقيح بنور البقوليات (أو التربة) عند الزراعة ، بالبكتريا العقدية ، عملية زراعية مفيدة ، خاصـــة فى الأراضى حديثـــة الاستصـــلاح ، التى قـد تكـون خاليه من البكترياالعقدية المتخصصة . وتحتوى التحضيرات التجارية من اللقاح ، على سلالات البكتريا العقدية المتخصصة ، محملة على حامل مناسب ، حيث تحفظ تحت ظروف ملائمة ، لحين استعماله ، كلقاح للبنور او التربة .

ويوضح شكل (٥-١٠) ، العقد الجذرية بنبات البسلة .



شكل ٥-١٠: التثبيت التكافلى فى عقدة جذرية لنبات بقولى

أ - جذر نبات البسلة عليه عقد
ب - قطاع فى عقدة جذرية تامة التكوين
جـ - قطاع فى خلية مملوءة بالرايزوبيا
ء - بكتريا فى طور البكتيرويد بداخل الخلية
هـ - اختراق بكتريا العقد لطرف الشعيرة الجذرية ، وتكون خيط العدوى

٢- التكافل فى النباتات غير البقولية

Symbiotic nitrogen fixation on non-leguminous plants.

بعض النباتات غير البقولية ، سواء مغطاة ، أو معراه البذور ، تكون عقدا جذرية قادرة على تثبيت النتروجين الجوى . ومعظم هذه النباتات ، عبارة عن أشجار خشبية معمرة ، منتشرة فى أماكن كثيرة من العالم ، فى أراضى فقيره فى عنصر النتروجين ، مما يبين أهمية عملية تثبيت النتروجين لهذه الأشجار .

من النباتـــات مغطاة البـــذور ، المثبته للنتروجين ، نبات الألناس Alnus glutinosa ، وهو خشب جيد للأثاث ، والكازورينا Casuarina وهو مصد جيد للرياح . ومن معراة البذور ، نبات السيكاس Cycas .

كمية النتروجين المثبته بهذه النباتات ، تختلف حسب النبات ، وظروف التربة ، وهى تتراوح من ١٢ إلى ٢٠٠ كجم نتروجين / هكتار سنويا . وقد يصل حجم العقدة الجذرية فى بعض الاشجار الخشبية ، مثل نبات الألناس ، إلى حجم كرة التنس .

بالنسبة لأشجار الألناس والكازورينا ، فإن البكتريا المثبته للنتروجين بالعقدة ، تتبع جنس Frankia التابع لمجموعة الأكتينوميسيتات . وتتشابه عملية غزو الجذور ، وتكوين العقد البكتيرية الجذرية ، مع ما يحدث بين الرايزوبيا والبقوليات . وتسمى النباتات غير البقولية ، المكونة لعقد جذرية، تكافليا مع الأكيتنوميسيتات (الفرانكيا) ، تسمى بإسم Actinorrhizal plants.

بالنسبة لأشجار السيكاس ، فقد وجد أن جذورها ، تحتوى على خيوط من البكتريا الخضراء المزرقة Anabaena cycadeae ، المثبته للنتروجين ، فى منطقة بين القشرة الخارجية ، والداخلية للجذور .

٣- التكافل بين السيانوبكتريا والأزولا

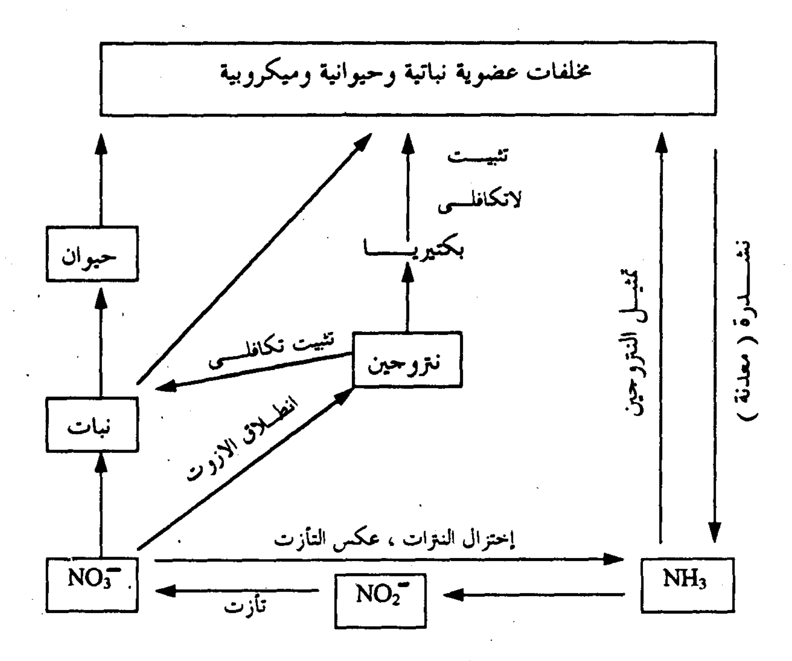
Anabaena - azolla symbiosis

تستطيع السيانوبكتريا من جنس Anabaena azollae ، تثبيت النتروجين تكافليا ، مع نبات الأزولا . والأزولا سرخس مائى ، يوجدناميا بكثرة على سطح المياه ، خاصة بالمناطـق الإستوائية . ويعيش الأنابينا تكافليا ، داخل

نبات الأزولا ، فى شكل خيوط لزجة ، فى فجوات ، توجد على سطح الفص السفلى ، لنبات الأزولا .

وبطـــرق الزراعة المناسبة ، فإنه يمكن استخدام الأزولا ، كسماد أخضر ، ومصدرا للنتروجين ، بأراضى الأرز المغمورة بالمياه ، حيث تستطيع الأنابينا المتكافلـــة مـــع الأزولا ، أن تثبت حوالى ٢٥٠ كجم نتروجين / فدان ، فى موسم زراعة الأرز ، كما يمكن استخدام الأزولا أيضا ، كغذاء فى علائق الحيوانات ، والطيور ، وفى عمل السماد العضوى الصناعى بالمزارع.

والشكل (٥-١١) ، يوضح دورة النتروجين فى الطبيعة .

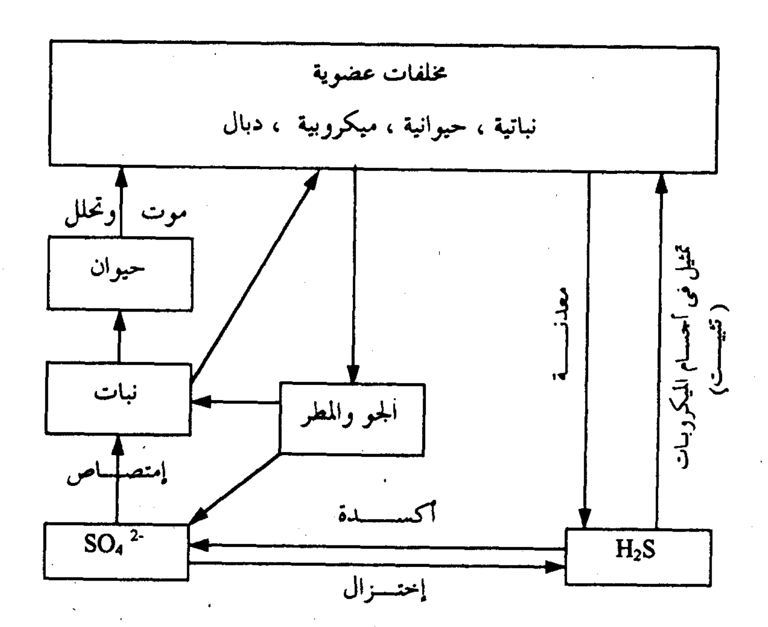


شكل ٥-١١ : دورة النتروجين

دورة الكبريت Sulfur cycle

يتعرض الكبريت ، مثل الكربون والنتروجين ، لمجموعة من التحولات، تتم فى دورة (شكل ٥-١٢) ، تقوم بها الكائنات المجهرية . فبعض المجهريات ، يستطيع أكسدة المركبات الكبريتيه ، بينما يستطيع البعض الآخر، القيام بعمليات الإختزال .

وتتشابه التحولات ، التى تقوم بها الميكروبات فى دورة الكبريت (من حيث المعدنه والأكسدة والإختزال) ، مع تلك التى تقوم بها الميكروبات ، فى دورة النتروجين .



شكل ٥-١٢ : دورة الكبريت

ويمكن تلخيص بعض التحولات البيوكيميائية ، التى تقوم بها الميكروبات ، فى دورة الكبريت ، فى الآتى

١- تقوم بعض أنــواع البكتريا ، بأكسدة الكبريت المعدنى ، وهو صورة غير صالحة لتغذية النبات والحيوان ، إلى كبريتات ، وهى الصورة الصالحة للتغذية ، كما يتضح من المعادلة التالية

$$2\ S + 2\ H_2O + 3\ O_2 \longrightarrow 2\ H_2SO_4$$

من البكتريا التى تقوم بهذا التفاعل ، Thiobacillus thiooxidans ، وهى بكتريا هوائية ، أوتوتروفية ، مؤكسدة للكبريت ، ومقاومة للحموضة .

كمــا تستطيــع البكتريــا الأخــرى المؤكسدة للكبريت ، مثل Thiobacillus spp., Beggiatoa , Thiothrix ، أكسدة مركبات الكبريت المختزلة (H_2S , SO_3^{2-}) ، مع تكوين كبريت ، وكبريتات

$$\text{Reduced sulfur compounds} \longrightarrow SO_4^{2-} + S$$

٢- تتحول الكبريتات ، بالتمثيل الغذائى ، الميكروبى والنباتى والحيوانى، إلى أحماض أمينية كبريتيــه ، تدخـل فى تركيب البروتين . وتقوم كثير من الميكروبات الهتروترفيــه ، بمعدنة الكبريت العضــوى ، فى عملية تشابــه عملية النشــدرة فى دورة النتروجين ، حيث تقوم الميكروبات ، بما تفرزه من إنزيمـــات ، بتحليل البروتين ، مــع إنفراد الأحمــاض الأمينية ، ومنها الكبريتيــه ، التى تتحلل ، وينفرد منها الكبريت ، كما يتضح من المثال التالى

$$\underset{\text{Cysteine}}{\begin{array}{l} CH_2SH \\ | \\ CHNH_2 \\ | \\ COOH \end{array}} + H_2O \xrightarrow[\text{desulfurase}]{\text{Cysteine}} \underset{\text{Pyruvic acid}}{\begin{array}{l} CH_3 \\ | \\ CO \\ | \\ COOH \end{array}} + H_2S + NH_3$$

٣- كما تختـــزل الكبريتات إلى كبريتيـد الإيدروجين ، بواسطـــة ميكروبات الأراضى ، كما يتضح من المعادلة التالية

$$CaSO_4 + 4\ H_2 \longrightarrow H_2S + Ca\ (OH)_2 + 2\ H_2O$$

البكتريا التى تقوم بالإختزال ، بكتريا لاهوائية ، مختزلة للكبريتات ، حيث تستخدم الكبريتات كمستقبل للإلكترونات ، لأكسدة المواد العضوية

$$\text{Organic acids} + SO_4^{\ 2-} \longrightarrow H_2S + CO_2$$

من هذه البكتريا :
الأنواع التابعة لجنس Desulfotomaculum ، وهو عصوى متجرثم ، وايضا Desulfovibrio desulfuricans ، وهـــو واوى غير متجـــرثم (شكل ٥-١٣) .



شكل ٥-١٣ : صورة بالمجهر الإلكترونى لبكتريا Desulfovibrio desulfuricans (١٨.٥٠٠ x) .

يظهر نشاط البكتريا المختزلة للكبريتات ، بشكل واضح فى طين قاع البرك والبحيرات ، حيث يتكون FeS ، نتيجة لإختزال الكبريتات ، ويصبح لون طين القاع ، أسودا مزرقا .

والدور الذى تلعبه البكتريا فى إختزال الكبريتات ، يتشابه مع إختزال النترات فى دورة النتروجين .

٤- كما يتأكسد كبريتور الإيدروجين ، الناتج من اختزال الكبريتات ومن تحلل الأحماض الأمينية الكبريتيه ، إلى كبريت . ويقوم بهذا التفاعل ، بكتريا الكبريت اللاهوائيه الممثلة للضوء : الخضراء Chlorobium ، والأرجوانية Chromatium ، باستخدامها كبريتيد الإيدروجين ، كمانح للإلكترونات ، لإختزال CO_2 .

$$CO_2 + 2\ H_2S \xrightarrow{light} (HCHO) + H_2O + 2\ S$$

التحولات البيوكيميائية للعناصر الأخرى

بالإضافة إلى ما تقوم به ميكروبات الأراضي ، من تحولات فى دورات الكربون ، والنتروجين ، والكبريت ، فإن العناصر الأخرى الموجودة بالتربة، تتعرض ايضا لمجموعة من التحولات البيوكيميائية ، من بناء وهدم ، بتأثير الميكروبات .

فنتيجة للنشاط الميكروبى بالتربة ، وإفرازها للعديد من الأحماض ، فإن الميكروبات المذيبة للفوسفات ، من بكتريا وأكتينوميسيتات وفطريات ، تحول الفوسفور غير الميسر . المرتبط بأملاح الكالسيوم والحديد والألومنيوم ، إلى فوسفور ميسر للنبات .

كما ينساب الفوسفور من المركبات العضوية ، مثل الاحماض النووية والفوسفوليبيدات ، بتأثير الميكروبات الهتروتروفيه ، نتيجة لمعدنة تلك المواد العضوية . كما تلعب الميكوريزا ، دورا ملموسا ، فى إمداد النباتات المتعايشة معها ، بالفوسفور الميسر .

وإضافة إلى ذلك ، فإن البكتريا ، تحول الأكاسيد غير الذائبة للحديد والمنجنيز ، إلى أملاح حديدوز ومانجنوز ذائبة ، وقد يحدث العكس أيضا، نتيجة لظروف التربة .

تحلل مبيدات الآفات Biodegradation of pesticides

المبيدات أنواع عديدة ، منها ما يستخدم لمقاومة الحشرات ، أو الفطريات ، أو النيماتودا ، أو الحشائش ، أو غير ذلك من الآفات . وأغلب المبيدات ، عبارة عن مركبات كيميائية عضوية ، قد تحتوى على مركبات حلقية ، أو يدخل فى تركيبها الهالوجينات ، الكبريت ، الفوسفور ، أو النتروجين .

تتجمع المبيدات بالتربة الزراعية ، فإذا لم تتعرض للتحلل ، فإنها تؤثر سلبا على ميكروبات الأراضى ، وتسبب أضرارا للعمليات الحيوية الهامة ، المرتبطة بخصوبة التربة ، كما أنها تسبب تلوثا للبيئة .

تتعرض المبيدات للتحلل الميكروبى ، مع معدنتها وفقد لسميتها . وهى تختلف كثيرا فى معدل تحللها ، فبعضها سريع التحلل ، وبعضها بطىء التحلل جدا ، ويقاوم تأثير الميكروبات لعدة سنوات ، مثل مركبات الهيدروكاربون الكلورية Chlorinated hydrocarbons . والتى منهاالـ د.د.ت والجمكسان . وهذه المركبات قد منع استخدامها دوليا ، نتيجة لمقاومتها للتحلل ، مما يؤدى إلى تراكمها بالتربة لفترات طويلة .

وتتوقف أيضا سرعة تحلل المبيد الواحد ، على قوام التربة ، وظروفهـا البيئيـة ، من حـرارة ورطوبة وتهوية و pH ، مع ملاحظة أن تأثير الميكروبات ، على تحلل المبيدات ، ليس دائما فى صالح تقليل سمية المبيد ، فقد يؤدى النشاط الميكروبى ، إلى زيادة سمية المبيد المستخدم .

تتأثر ميكروبات الأراضى بدرجات مختلفة ، من المبيدات المستعملة . ويتوقف ذلك ، على نوع المبيد ، والمجموعة الميكروبية ، وظروف التربة . فقد وجد ، أن لبعض المبيدات تأثير منشط على ميكروبات الأراضى ، ومنها ما وجد له تأثير مثبط ، والبعض الآخر كان تأثيره محدود . غير أن من أكثر العمليات الحيوية ، التى تتأثر من استعمال المبيدات ، هى عملية التأزوت، وعملية تثبيت النتروجين تكافليا ، لما لطبيعة الميكروبات التى تقوم بهذه العمليات ، من حساسية لتغير الظروف البيئية ، مقارنة بعمليات أخرى ، مثل النشدرة ، التى تقوم بها أنواع عديدة من الميكروبات ، بعضها حساس ، وبعضها قليل الحساسية .

لذلك ، فإنه قبل ادخال مبيد جديد فى التطبيق الزراعى ، يجب دراسة مدى آثاره على النشاط البيولوجى ، ومدى مقاومته للتحلل ، ومدى تأثيره على تلوث الوسط البيئى .

الأسمدة الحيوية Biofertilizers

تعتبر كل الإضافات ذات الأصل الحيوى ، التى تمد النبات النامى بإحتياجاته الغذائية ، تسميدا حيويا Biofertilization ، وتسمى هذه الإضافات، بالأسمدة الحيوية ، أو باللقاحات الميكروبية Microbial inoculants .

والأسمدة الحيوية ، مصادر غذائية للنبات ، رخيصة الثمن ، اذا ما قورنت بالأسمدة المعدنية . وهى تنتج من الكائنات المجهرية ، وذلك بإختيار الميكروب المطلوب ، وإكثارة فى مزارع ملائمة ، ثم نقل النمو ، إلى حامل مناسب Carrier ، حيث يحفظ تحت ظروف تخزين ملائمه ، لحين استعماله كلقاح للبذور ، أو التربة .

ومن أمثلة الأسمدة الحيوية ، ذات الأهمية الإقتصادية الكبيرة ، على الإنتاج الزراعى

١- اللقاحات المثبته للنتروجين الجوى ، ومنها

لقاحات الرايزوبيا للبقوليات ، ولقاح الأزوتوباكتر ، ولقاح الآزوسبيريللوم للنجيليات ، ولقاح الفرانكيا لغير البقوليات ، ولقاحات السيانوبكتريا والأزولا لمزارع الأرز .
ويجرى منذ سنوات طويلة ، تسويق بعض هذه اللقاحات ، على نطاق تجارى ، فى بلاد عديدة .

٢- اللقاحات المذيبة للفوسفات

تلعب هذه اللقاحات ، دورا هاما فى تيسير فوسفور التربة للنبات ، ومن هذه اللقاحات

لقاح البكتريا Bacillus megatherium var. phosphaticum المذيب للفوسفات (ويسمى هذا اللقاح عادة ، فسفوباكترين Phosphobacterin) ، ولقاح فطريات الميكوريزا ، التى تفيد الكثير من المحاصيل ، خاصة فى المناطق الحارة ، التى تعانى تربتها من نقص شديد ، فى محتواها من الفوسفات الميسر .

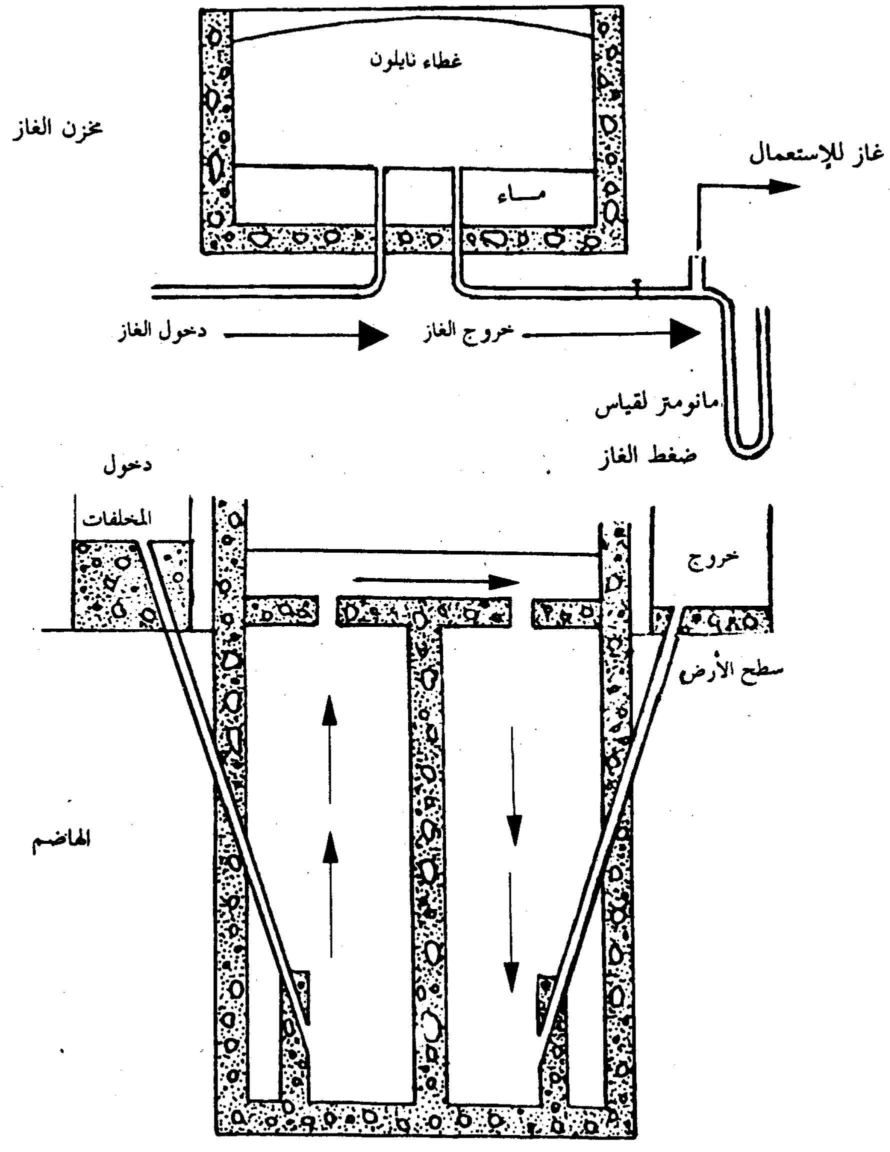
وبالإضافة إلى ماتقوم به اللقاحات السابقة ، من إغناء للتربة بالنتروجين ، أو تيسير للفوسفات ، فإنها تفرز موادا منشطة لنمو النبات ، من اكسينات ، وفيتامينات ، ومواد شبيهه ، تساعد على إنبات البذور ، ونمو الجذور، كما أنها تفرز الكثير من المواد المثبطة ، للفطريات المرضية .

إنتاج الغاز الحيوى - البيوجاز Biogas Production

الغاز الحيوى ، أحد الوسائل الهامة ، الممكن استخدامها كبديل لمصادر الطاقة التقليدية ، خاصة فى المناطق الريفية ، فهو يعتبر ، بالإضافة إلى الطاقة المستمدة ، من الشمس والرياح والأمواج ، من الطاقات البديلة المتجددة ، كما يعتبر الغاز الحيوى أيضـــا ، أحد الوسائل التكنولوجية الحديثة ، المستعملة فى تدوير recycling المخلفات العضوية .

وينتج الغاز الحيوى بواسطة الميكروبات ، اثناء نشاطها وتحليلها للمواد العضوية ، من مخلفات آدمية وحيوانية ونباتيه . والغاز الناتج نتيجة التخمر ، هو خليط من غاز الميثان القابل للإشتعال (حوالى ٦٠٪) ، وثانى أكسيد الكربون الغير قابل للإشتعال (حوالى ٤٠٪) ، مع نسبة قليلة من غازات أخرى (لاتزيد عن ٥٪) ، من الإيدروجين ، وكبريتور الإيدروجين ، والنتروجين ، وأول أكسيد الكربون ، وثانى أكسيد الكبريت .

يتم انتاج الغاز الحيوى ، فى وحدات خاصة (شكل ٥-١٤) ، تقام قرب أماكن توفر المخلفات العضوية . وتتكون الوحدة من هاضم Digester، وهو الجزء الأساسى بالوحدة ، ويبنى تحت سطح الأرض ، بحجم مناسب ، وفيه توضع المخلفات ، وتتم عملية التخمر الميكروبية . وتتجمع الغازات الناتجة من الهاضم ، فى مخزن لتجميع الغازات Gas-holder ، ومن هذا المخزن ، يوجه الغاز إلى اماكن الإستعمال .



Digester and gas holder

شكل ٥-١٤ : مقطع فى الهاضم ومخزن تجميع الغازات

قد يقام مجمع الغازات ، فوق سطح الأرض ، كما فى النظام الهندى ، أو تحت سطح الأرض ، كما فى النظام الصينى .

قد تصل مدة التخمر إلى أسبوعين ، أو أكثر ، وهى تتوقف على مجموعة من العوامل ، منها طبيعة المخلفات المضافة ، ودرجة التخفيف ، والتقليب ، ومدى توفر الظروف المناسبه لنشاط الميكروبات ، من حرارة ، وتركيز إيدروجين ، وظروف لاهوائية ... الخ .

وينتج الغاز الحيوى من المخلفات العضوية ، نتيجة لتعايش ، وتتابع مجموعة كبيرة من الميكروبات ، وتبدأ خطوات التحلل الأولى ، تحت ظروف هوائية ، فتتحلل المواد العضوية المعقدة ، إلى مواد بسيطة ، مثل السكريات، والأحماض الأمينية ، والدهون ، والجليسرول . وباستمرار التحلل ، يقل الاكسجين بالوسط تدريجيا ، وتنشط البكتريا الإختيارية ، ثم اللاهوائية ، مثل

Bacillus , Clostridium , Bacteroides , Ruminococcus ...

وتتكون أحماض عضوية قصيرة السلسلة ، مثل الفورميك ، والخليك ، والبروبيونيك ؛ وكحولات بسيطة ، مثل الإيثانول ، والميثانول ، والبروبانول ؛ وغازات ، مثل الإيدروجين ، وثانى أكسيد الكربون ، والأمونيا .

وبسيادة الظروف اللاهوائية ، تنشط البكتريا المنتجة لغاز الميثان **Methanogenic bacteria** ، كتلك التابعة لأجناس

Methanobacterium , Methanomicrobium , Methanococcus , Methanospirillum

فتتحلل المركبات الوسطية السابق تكونها ، وينتج خليط من غاز الميثان وثانى اكسيد الكربون ، المعروف بالغاز الحيوى .

يستعمل الغاز الحيوى الناتج ، كبديل لمصادر الطاقة التقليدية ، فى الإنارة والطهى ، والتدفئة ، وتوليد الكهرباء . ويستفاد من مخلفات التخمر الصلبه والسائلة ، كسماد عضوى للأراضى ، لأنها مخلفات غنية فى محتواها من النتروجين ، والفوسفور ، والعناصر الأخرى .

وإضافة إلى ذلك ،.فإن تجميع المخلفات النباتيه ، والحيوانية ، والآدمية ، وتخميرها لإنتاج البيوجاز ، يؤدى إلى رفع المستوى الصحى ، خاصة فى الأرياف . ويحدث ذلك ، نتيجة التخلص الصحيح من المخلفات ، الذى يوقف انتشار الذباب والبعوض ، ويحد من التلوث الميكروبى ، ويمنع إنتشار الأمراض .

المراجـــــع

سعـــد على زكى محمـــود ، عبـد الوهـــاب محمـد عبـد الحـــافظ ، محمـد الصـــاوى محمـد مبـــارك (١٩٨٨) .
ميكروبيولوجيا الأراضى ، مكتبة الأنجلو المصرية ، القاهرة .

References

Alexander, M. (1977). Introduction to soil microbiology. 2nd Ed., John Wiley and Sons Inc., New York.

Brock, T.D.; D.W. Smith and M.T. Madigan (1984). Biology of microorganisms. 4th Ed., Printice-Hall Inc., London.

Gray, T.R.G. and D. Parkinson (eds.) (1968). The ecology of soil bacteria. Toronto Univ. Press, Toronto, Canada.

Subba Rao, N.S. (ed.) (1982). Advances in agricultural microbiology. Oxford & IBH Publishing Co., New Delhi, India.

الفصل السادس

ميكروبيولوجيا الأغذية

- مقدمة
- تلوث الأغذية
- المحتوى الميكروبى للأغذية الطازجة
- حفظ الأغذية
  - طرق الحفظ
    - ١- إبعاد أو منع تلوث الغذاء
    - ٢- الحرارة المنخفضة
    - ٣- الحرارة المرتفعة
    - ٤- التجفيـــــف
    - ٥- التجفيـــــد
    - ٦- المواد الحافظة
    - ٧- الإشعـــــاع
- فساد الأغذية
  - أنواع الفساد بالأغذية الخام (جدول ٦-٣)
  - أنواع الفساد بالأغذية المجهزة ، غير المعلبة (جدول ٦-٤)
  - فساد الأغذية المعلبة
- التسمم الغذائى
- الأمراض التى تنقلها الأغذية
- الأغذية المتخمرة
- البروتين الميكروبى
- المراجـــع

الفصل السادس

ميكروبيولوجيا الأغذية
Food Microbiology

مقدمـــة

ترتبط الميكروبات بطرق متعددة ، بكل الأغذية التى نتداولها ، مسببة لها تغيرات قد تكون مفيدة ، وقد تكون غير مرغوب فيها ، فتؤثر بذلك ، على نوع الغذاء ، وكميته ، ومدى الاستفادة منه .

وتحتوى الأغذية من مصادرها الطبيعية ، على بعض الميكروبات ، كما أنها تتعرض للتلوث أثناء التداول ، فيزداد محتواها الميكروبى ، وتنمو وتتكاثر الميكروبات بالغذاء ، الذى يعمل كبيئة لهذه الميكروبات ، فتسبب تحلل الأغذية وفسادها ، كما تنتقل الميكروبات المرضية عن طريق الأغذية، فتسبب أمراضا للمستهلك ، أو تفرز سموما ، تسبب تسممات غذائية .

وعلى الجانب الآخر ، تستعمل الميكروبات فى إعداد وتجهيز بعض الأغذية : كالخبـز ، وفى صناعة المنتجات اللبنية ، كالجبن والألبان المتخمرة ، وفى إنتاج المخللات والمشروبات الكحولية ، وفى حفظ العلف الأخضر كالسيلاج ، وفى إنتاج البروتين الميكروبى .

تلوث الأغـذيـــة Food contamination

تتعرض الأغذية للتلوث ، من مصادر عديدة ، قد تكون مصادر طبيعية، كالحقل ، والهواء ، والمياه ، والحيوانات ، ومخلفات المجارى ، أو أثناء التداول ، والنقل ، ومعاملات التصنيع . وعلى ذلك ، فإن أنواع وأعداد الميكروبات ، الموجودة بالمادة الغذائية ، يحدد قابليــة المــادة الغذائية للحفظ ، ومدى ونوع وسرعة الفساد ، الذى تتعرض له ، ونوع المعاملة المطلوبة لحفظها .

المحتوى الميكروبى للأغذية الطازجة
Microbial flora of fresh foods

تعتبر الأنسجة الداخلية ، للنباتات والحيوانات السليمة ، خالية من الكائنات المجهرية ، ومع ذلك ، فإننا نجد أن الأسطح الخارجية للخضر والفاكهة ، واللحوم ، والأسماك ، وغيرها ، ملوثة بميكروبات عديدة . ومقدار هذا التلوث الميكروبى، هو إنعكاس لعوامل عديدة ، منها :
الميكروبات الموجودة فى الوسط الذى أخذ منه الغذاء ، حالة الغذاء الخام ، طريقة التداول ، مدة وظروف التخزين .

ووجود أعداد كبيرة من الميكروبات بالغذاء الطازج ، يعنى ان تغيرات غير مرغوب فيها حدثت بالغذاء ، وان الغذاء أصبح قابلا للتلف ، لذلك ، فإنه من الضرورى ، أن نقلل بقدر الإمكان ، من حدوث التلوث الميكروبى ، بالأغذية الطازجة .

الخضروات والفواكه

تتعــرض الخضروات والفواكه ، للتلوث بالبكتريا ، والفطريات ، والفيروسات . ويتوقف مدى الفساد ، على مدى إصابه الأنسجة الداخلية بالميكروبات . ويحدث ذلك ، أثناء نمو النبات بالحقل ، أو أثناء الحصاد اليدوى أو الآلى ، أو التداول ، التى تسبب جروحا وتمزقا للأنسجة ، مما يسهل غزو الميكروبات ، من السطح الخارجى ، إلى الأنسجة الداخلية .

يتراوح الرقم الإيدروجينى (pH) ، للخضر من ٥ إلى ٧ ، لذلك فهى أكثر ملاءمة للإصابة بالبكتريا عن الفواكه . أما الفواكه ، وهى ذات حموضة أعلى من الخضر ، ويتراوح رقمها الإيدروجينى بين ٢,٣ بالموالح ، الى ٥,٠ فى الموز ، فإنها تكون أكثر تعرضا للإصابة بالفطريات .

اللحــــوم

تتعرض الأنسجة الداخلية ، للحوم الطازجة ، للتلوث من السطوح الخارجية ، وذلك عند تقطيع اللحوم ، من السكاكين ، ومن الوسط المحيط ، واثناء النقـل ، والتـداول . كمـا يحدث التلـوث أثنـاء نزع الأحشـاء الداخلية والأمعاء ، الغنيـة بالميكروبـات .
ويناسب تركيب اللحوم ، نمو البكتريا ، ومن مجاميع البكتريا ، الشائع وجودها باللحوم الطازجة

Pseudomonads , Staphylococci , Enterococci & Coliforms .

كما أن حفظ اللحوم الطازجة على درجات الحرارة المنخفضة ، يشجع نمو البكتريا المحبة للبرودة .

تتلوث أنسجة الدواجن الداخلية ، من السطح الخارجي ، أثناء الذبح، ونزع الريش ، وإزالة الأحشاء ، وتعتبر السيدوموندات ، أكثر الميكروبات تواجدا على جلد الدواجن الطازجة ، المذبوحة حديثا .

الأسماك والأغذية البحرية

الطبقة اللزجة الخارجية للأحياء البحرية ، غنية بالميكروبات الموجودة بالوسط المائى الذى تعيش فيه ، وتنتقل هذه الميكروبات إلى الأنسجـة الداخلية ، أثناء التنظيف ، ونزع الأحشاء الداخلية . وتزداد حدة التلوث ، إذا كانت المياه التى تعيش فيها تلك الأحياء ، ملوثة بمخلفات المجارى ، وفى هذه الحالة ، فإن الأغذية البحرية ، تكون وسيله لنقل الميكروبات المرضية ، كالبكتريا ، التى تسبب الاضطرابات المعوية ، والفيروسات ، التى تسبب الإلتهاب الكبدى الوبائى ، وشلل الأطفال .

البيــض

المحتويات الداخلية ، للبيض السليم الطازج ، عادة خالية من الميكروبـات . وتدخل الميكروبات ، كالبكتريا ، والفطر ، إلى داخل البيضة، من خلال شروخ القشرة ، التى تحدث أثناء التداول ، والنقل ، والتخزين ، أو تدخل الميكروبات من الثقوب الموجودة بالقشرة الكلسية ، التى تتفتح بسبب بلل البيض ، أو غسيله بالماء .

حفظ الأغذية Food Preservation

يسعى الإنسان منذ سنوات عديدة ، لحفظ الأغذية ، بهدف منع النمو الميكروبى بها ، وإيقاف حدوث التغيرات غير المرغوبة فيها ، ليصبح الغذاء أقرب ما يمكن من حالته الطبيعية ، لاستخدامه فى الأوقات التى يقل فيها ، أو لنقله الى مسافات بعيدة ، لمناطق تحتاج إليه ، بعيده عن أماكن انتاجه.

تعتمد كل طرق الحفظ ، على واحد أو اكثر ، من الأسس التالية

١- إبعـــاد أو منع التلوث Asepsis
٢- تثبيط النمو الميكروبى Microbistatic action
٣- قتـــل الميكروبـــات Microbicidal action

يحدد طريقة الحفظ المناسبه ، نوع الغذاء ، والظروف الموجود عليها، ويستحسن استخدام ، أكثر من طريقة لحفظ الغذاء الواحد ، حيث أنه نادرا ماتوجد طريقة واحدة ، تكون مناسبه وكافية ، من جميع الوجوه .

كما يجب أن يوضع في الإعتبار ، أن طرق الحفظ ليست بديلا عن النظافة . فالمادة الخام ، منذ أخذها من مصادرها ، حتى تقديمها للمستهلك طازجة او مصنعه ، يجب ان يراعى فى إنتاجها ، وجمعها ، وتداولها ، كل الشروط الصحية الممكنة ، وتجنب تلوثها بقدر الإمكان .

طـرق الحفـظ

من الطرق الهامة المستخدمة فى حفظ الأغذية

١- إبعـــاد او منـــع تلـــوث الغذاء بالميكروبات أثناء التدول والتصنيع
Aseptic handling and processing

تتعرض الأغذية منذ إنتاجها ، من مصادرها الطبيعية ، حتى تناولها طازجة ، أو إعدادها لعمليات التصنيع ، لمجموعة من عمليات التداول ، تؤدى إلى زيادة التلوث . وعلى ذلك ، فإن المحافظة على الغلاف ، أو القشرة الخارجية للغذاء سليمة (كما فى حالة الخضر ، والفواكه ، والبيض ، وجلد الحيوان) ، والتداول السليم ، وإتباع الأصول الصحية عند غسيل الغذاء ، وتقطيعه ، واعداده للتصنيع ، وعمليات اللف والتعبئة الجيدة ، يزيد من فترة حفظ المنتجات الغذائية .

٢- الحرارة المنخفضة Low temperature

الأساس فى هذه الطريقة ، هو إبطاء النمو والنشاط التمثيلى للميكروبات ، نتيجة خفض درجة الحرارة إلى الصفر المئوى ، أو إلى أقل من ذلك . ويتميز الحفظ بالتبريد ، بأنه يحفظ للغذاء شكله وتركيبه ، بدرجة أكبر من أية طريقة حفظ أخرى .

والحفظ بهذه الطريقة مؤقت ، فالحرارة المنخفضة ، تقلل من نشاط الإنزيمات ، ومن نمو ونشاط الميكروبات ، ولكنها لاتقتل الميكروبات ، وكلما زاد الإنخفاض فى درجة الحرارة ، كلما أبطأت هذه الأنشطة الحيوية . وعند الصفر المئوى ، يقف تقريبا نمو أغلب الميكروبات ، ولكن الميكروبات المحبة للبرودة ، تستطيع أن تستمر فى النمو .

ومن أمثلة الميكروبات ، التى تستطيع النمو على درجات حرارة منخفضة ، أقل من الصفر المئوى ، وقد تسبب فسادا للأغذية

١- الفطريات ، مثل : Cladosporium , Monilia , Penicillium , Sporotrichum

٢- الخمائر ، مثل : Torulopsis

٣- البكتريا ، مثل : Achromobacter , Alcaligenes , Flavobacterium , Micrococcus , Pseudomonas.

ونظرا لأن إنزيمات الغذاء ، تستمر فى نشاطها ، بمعدل بطىء ، على درجة حرارة التجميد ، فإن الخضروات تسلق غالبا قبل تجميدها ، لتثبيط ما بها من إنزيمات ، لمنع فساد الخضار بالإنزيمات .

وقد انتشرت طريقة الحفظ بالحرارة المنخفضة ، كثيرا فى السنوات الأخيرة ، مع تقدم تكنولوجيا التبريد . فباستخدام الوسائل الحديثة من التبريد والتجميد ، فى الثلاجات المنزلية ، وثلاجات المخازن ، وعربات النقل والسكك الحديدية والبواخر ، اصبح من الممكن ، حفظ ونقل الأغذية المجمدة، بما فى ذلك السريعة التعرض للفساد ، لمدد طويلة ولمسافات بعيدة . وأصبح من المتاح الآن ، أن نوفر للأسرة العاملة ، الوجبات المجهزة ، المجمدة ، المعدة للإستهلاك الفورى ، بعد تدفئة بسيطة Precooked , frozen , ready-to-serve, foods .

طرق الحفظ بالحرارة المنخفضة

قد يتم حفظ بعض الأغذية ، فى جو منخفض الحرارة ، أى أعلى من الصفر المئوى (١٠ - ١٥°م) ، ولكن أقل من درجة حرارة الجو العادى ، فى بدروم أو قبو ، بعيدا عن الحرارة المباشرة Cellar storage ، كما يتبع .فى حفظ الأغذية الدرنيه ، كالبطاطا ، والبطاطس ، وبعض أنواع الفواكه ، والحفظ بهذه الطريقة يكون لمدة محدودة .

وقد تحفظ بعض الأغذية بالتبريد Chilling ، أى عند درجة قريبة من الصفر المئوى (٣ - ٥°م) ، باستخدام الثلج ، أو الثلاجات الكهربائية ، لحفظ البيض ، ومنتجات الألبان ، والفواكه والخضر . ومدة الحفظ بهذه الطريقة محدود أيضا ، ولكنها تمتاز عن الحفظ بالتجميد ، بأنها لاتؤثر كثيرا على تركيب ، وطعم ، وطزاجة الغذاء .

من الطرق الواسعة الانتشار الآن ، الحفظ بالتجميد Freezing ، عند درجة حرارة أقل من الصفر المئوى ، باستخدام المجمدات Freezers . وفى هذه الطريقة ، يجمد الغذاء ، مع الاحتفاظ به فى حالة مجمدة لحين الإستعمال . وتستخدم الان ، هذه الطريقة بنجاح ، فى حفظ كثير من الأغذية ، كالخضروات ، والفواكه ، واللحوم ، والأسماك .

وتفضل طريقة التجميد السريع للغذاء Quick-freezing method ، عند −٣٢°م أو أقل ، لمدة أقل من ساعة ، عن التجميد البطىء Slow - freezing method ، عند حرارة أعلى من −١٨°م ، ولمدد تصل لعدة ساعات (٣ - ٧٢ ساعة) ، لأن البللورات الثلجية المتكونة بالغذاء ، ستكون صغيرة فى حالة التجميد السريع ، وبالتالى ، فإن تمزق الأنسجة سيكون أقل عن الأغذية ذات التجميد البطىء ، التى يتكون بها بللورات ثلجية كبيرة ، تؤدى إلى تمزق كثير من الأنسجة ، فتظهر عند تسييحها ، أقل نضارة ، وتكون أسرع فسادا .
عموما ، فإن الأغذية المجمدة ، بعد إخراجها من الثلاجة ، وتسييحها Thawing ، تفسد بسرعة أكبر ، من الأغذية الطازجة .

بعد التجميد ، يحفظ الغذاء المجمد لحين الإستعمال ، بالثلاجات عند −١٨ الى −٢°م ، حيث يقف تقريبا النمو الميكروبى . ويجب تجنب التخزين لمدد طويلة ، مع ملاحظة أن التجميد ، مهما كانت درجة الحرارة المستعملة

منخفضة ، لايؤدى إلى قتل الميكروبات ، ومنها المرضية كالسالمونيلا ، وإن كان عددها يقل قليلا .
لذلك ، فإن تقليل التلوث الميكروبى للأغذية ، قبل تجميدها ، يعتبر أمرا ضروريا . كما قد تسلق الأغذية ، لعدة دقائق قبل تجميدها ، لتثبيط ما بها من إنزيمات ، التى قد تسبب فسادا للأغذية على درجات الحرارة المنخفضة.

٣- الحرارة المرتفعة High temperature

تؤدى الحرارة المرتفعة ، إلى قتل الميكروبات ، بتخثيرها ، أو إتلافها لإنزيمات ، وبروتوبلازم الخلايا الميكروبية . وهى بذلك ، تعتبر من الطرق الآمنه فى حفظ الأغذية ، حيث أنها تؤدى إلى تعقيم الغذاء ، أو تقليل محتواه الميكروبى ، مع التخلص من الميكروبات المفسدة ، والممرضة .

تستعمل طريقة الحفظ بالحرارة المرتفعة ، فى حفظ الأغذية المعدة بالمنزل ، وفى الأغذية المبسترة ، والأغذية المعلبة ، كالخضروات والفواكه واللحوم ، وهى الأغذية المحفوظة ، فى أوعية محكمة القفل ، تمنع دخول الميكروبات إلى الغذاء ، بعد تصنيعه .

تتوقف المعاملة الحرارية الناجحة ، على توفر معلومات ، عن نوع الغــذاء ، وتركيبه ، وظروف الوسط من لزوجة وحموضة ، ومقاومة الميكروبات للحرارة ، خاصـــة الجراثيم ، والوقت المميت للميكروبات المفسدة ، وسرعة نفاذية الحرارة بالغذاء ، وحجم وعاء التعليب .

ومن المعاملات الحرارية المستخدمة فى حفظ الأغذية

أ- البسترة Pasteurization

فى هــذه المعاملة ، تستخدم درجة حرارة أقل من ١٠٠°م ، لمدة مناسبة ، ومعاملة البسترة لاتؤثر على قيمة المادة الغذائية ، ولكنها تعتبر كافية لقتل الميكروبات المرضية ، والخضرية ، ولكنها غير كافية لقتل الجراثيم ، والميكروبات المقاومة للحرارة ، لذلك ، فإنه غالبا ما تحفظ الأغذية بعد بسترتها ، على درجة حرارة منخفضة ، لإطالة مدة حفظها .

وتستخدم البسترة فى الأغنية ، التى تقل قيمتها الغذائية بالغليان مثل، اللبن ، والمنتجات اللبنية ، وعصير الفواكه ، والأغنية المتخمرة كالخل ، والبيرة ، والنبيذ .

ب- الغليـــــان Boiling

تستعمل هذه المعاملة ، فى الأغنية التى تتحمل الغليان (حوالى ١٠٠°م) ، والتى يكون إحتمال فسادها بالميكروبات المتجرثمة قليل . لذلك، فهى منتشرة فى حفظ الأغنية الحامضية ، كعصير الطماطم والمربات ، وفى الأغنية المعدة بالمنزل .

ولإطاله مدة حفظ الأغنية المطبوخة بالمنزل ، وهى مازالت تحتوى على جراثيـم ، تستعمل طريقة مكملة للحفظ بعد الغليان ، مثل الحفظ بالتبريد .

جـ - التعليب Canning

هذه الطريقة ، من الطرق الشائعه الإستعمال فى الحفظ ، وإن لم تكن أفضلها ، لحدوث تغيرات فى مظهر بعض الأغنية .

والتعليب هو حفظ الأغنية ، فى أوعية محكمة القفل ، بعد المعاملة الحرارية على درجة حرارة أعلى من ١٠٠°م . ويستعمل فى ذلك ، معقمات البخار المضغوط . وتختلف المعاملة الحرارية للغذاء ، أى المدة ، ودرجة الحرارة المستعملة فى التعقيم (وهذه تتراوح من ١٠٠ إلى ١٢١°م) ، حسب ظروف الغذاء ، وتحمله للحرارة ، وكثافة وأنواع ، ما يحمله من ميكروبات.

تؤثر حموضة الغذاء ، على المعاملة الحرارية (درجة الحرارة والمدة)، حيث أن الحموضة ، تساعد على قتل الميكروبات . فعند تعليب عصير الطماطم مثلا ، وهو غذاء حامضى ، لايحتاج الأمر لأكثر من الغليان ، على درجة ١٠٠°م لدقائق محدودة ، بينما يستعمل التعقيم بالبخار المضغوط (١٢١°م) ولمدة أطول ، للأغنية المعلبه منخفضة الحموضة كاللحوم .

والجدول (٦-١) ، يوضح أقسام الأغنية ، من حيث درجة حموضتها . ولكل قسم معاملاته الحرارية ، ونوع الفساد الخاص به .

جــــــدول ٦-١ : حمــوضـــة بعــض الأغذيــــة

تقسيم الأغذية من حيث الحموضـــة*	الرقم الإيدروجينى	أمثلة لبعض الأغذية
حامضية		
عالية الحموضـــة	٢,٥ - ٣,٥	المخللات ، الموالح ، العنبيات ، كالكريز ، والفراولة .
حـــامضيــــــه	٣,٥ - ٤,٥*	عصير الطماطم ، وأغلب الفواكه .
غير حامضية		
متوسطة الحموضة	٤,٥ - ٥,٥	بعض الخضر ، كالجزر ، والبنجر ، والسبانخ ، والكوسه ، والأسبرجس .
منخفضة الحموضة	٥,٥ - ٧,-**	أغلب الخضر ، اللحوم ، الأسماك ، الدواجن ، اللبن ، والبيض .

* عند pH ٤,٥ ، يكون الطعام حامضيا بالقدر الكافى ، الذى يحد من نمـــو الكائنات الدقيقة ، لذلك أتخذت هذه الدرجة كأساس لتقسيم الأغذية ، إلى حامضية (pH أقل من ٤,٥) ، وغير حامضية (pH أكثر من ٤,٥) .

** بعض الأغذية ، مثل منقوع العرقسوس Liquorice ، يصل بها الـ pH إلى ٩,-

يلجأ صانع الأغذية ، إلى التعقيم التجارى Commercial sterilization (وليس التعقيم البكتريولوجى) ، بإستخدام المعاملة الحرارية ، التى تكفى لقتل الميكروبات المفسدة والممرضة ، وفى نفس الوقت ، لا تسبب ضررا بخواص الغذاء . لذلك ، قد تحتوى الأغذية المعلبة ، على جراثيم بكتريا محبة للحرارة المرتفعة ، ولكن ظروف التخزين عند درجات الحرارة العادية ، لاتسمح لها بالنمو وإحداث الفساد . غير أنه تحت جميع الظروف ، فإن المعاملة الحرارية ، خاصة للأغذية غير الحامضيـــة ، يجب أن تكـــون كافيـــه لقتـــل جراثيـــم البكتريا اللاهوائية Clostridium botulinum ، المسببة للتسمم البوتشولينى المميت . وأشد أنـــواع جراثيمها مقاومة للحرارة ، تقتل عند درجة ١٢١°م لمدة ١٥ ق ، عند pH ٧,- .

التفصيلات الخاصة بخطوات التعليب ، تختلف بإختلاف الغذاء ، ولكنها عموما ، تتضمن الخطوات العامة التالية :
تدريج الغذاء ، الغسيل ، السلق ، ملأ العلب ، التسخين لطرد الهواء من العلب، قفل العلب ، المعاملة الحرارية للغذاء المعلب ، التبريد السريع بعد المعاملة الحرارية ، وضع أوراق البيانات على العلب ، ثم التخزين لحين التسويق .

ويتم تعليب الأغذية فى علب صفيح ، أو فى عبوات بلاستيك ، تتحمل حرارة التعقيم العالية ، وهذه العلب مصنوعة من طبقات مدمجة ، وبها طبقة من رقائق الألومنيوم ، لتكون حائلا للغازات والرطوبة . والأنواع الأكثر إستعمالا الآن ، هى الأكياس القابلة للإنثناء ، وتغلق هذه الأكياس بعد الملأ، بصهر طبقة البلاستيك الداخلية بالحرارة ، فى جهاز القفل .

تعامل الأغذية المعلبة حراريا ، إما بطريقة الدفعات Batches ، فى معقمات عند درجة ١٠٠°م ، للأغذية الحامضية ، أو عند درجة ١١٥ - ١٢١°م للأغذية غير الحامضية ، أو تعامل العلب بالطريقة المستمرة Continuous ، وفيها تدخل العلب فى ماكينات ، وتعامل ببخار الماء المضغوط.

فى التعليب المنزلي Home canning ، تسخن العلب ، بغمسها فى ماء مغلى ، أو بوضعها فى الأفران الحرارية ، أو بوضعها فى حلة البخار المضغوط Pressure cooker .

الأغذية الحامضية المعلبة منزليا ، يمكن حفظها بنجاح بعد تعقيمها، باستعمال الماء المغلى ، أو الأفران . أما الأغذية غير الحامضية ، فيلزم لتعقيمها درجة أعلى من ١٠٠°م ، وهذه يمكن الوصول إليها بإستعمال حلة البخار المضغوط . والهدف من ذلك ، هو ضمان قتل ميكروب <u>Clostridium botulinum</u> ، السابق الإشارة إليه .

٤- التجفيف Dehydration

يعتبر الحفظ بالتجفيف ، من أقدم الطرق ، كما أنه أكثر شيوعا حتى عن الحفظ بالتجميد . والتجفيف يقلل من نسبة الماء بالمادة الغذائية ، فتصبح غير صالحة لنمو الميكروبات ، فيقل ، أو يقف نشاط الميكروبات ، دون أن تموت . ولذلك يشترط فى الأغذية المعدة للتجفيف ، أن تكون خالية من الميكروبات المرضية ، وبعد تجفيفها ، تحفظ فى مكان غير رطب ، ويحافظ عليها من التلوث ثانية .
ويستخدم التجفيف ، فى حفظ بعض أنواع الخضر ، والفواكه ، والألبان ، واللحوم ، والأسماك ، والبيض .

تزال الرطوبة من الأغذية بطرق متعددة ، منها التعريض للهواء والشمس Open - air drying ، أو بإستعمال طرق وأجهزة مناسبة ، مع التحكم فى درجات الحرارة والرطوبة النسبية وسرعة الهواء . ومن هذه الطرق :
- استعمال تيار من الهواء الساخن Hot - air drying ، يمرر خلال الطعام،
- أو بإمرار الغذاء على اسطوانات ساخنة Drum drying ،
- أو رش المادة الغذائية السائلة ، فى حجرات ساخنة مفرغة من الهواء Spray - drying .

يختلف الحد الأدنى من كمية الماء ، الواجب وجودها فى المادة الغذائية ، حسب الميكروبات المختلفة . ويعبر عن الرطوبة بإستعمال تعبير النشاط المائى (ن م) Water activity , Aw ، وهو عبارة عن النسبة ما بين

$$\frac{\text{الضغط البخارى للمحلول ، أى للمواد الذائبة فى ماء البيئة}}{\text{الضغط البخارى للماء ، أى للمذيب}}$$

وبذلك ، فإن (ن م) ، تعبر عن كمية الماء الحر الموجود بالبيئة ، أو المادة الغذائية ، وهى = ١ بالنسبة للماء النقى . أما بالنسبة للأحياء الدقيقة ، فإن الحد الأدنى من (ن م) ، اللازم لنموها ، هو

البكتريا العادية ٠,٩١ ، البكتريا المحبة للملوحة ٠,٧٥
الخمائر العادية ٠,٨٨ ، الخمائر المحبة للضغط الأسموزى ٠,٦٠
الفطريات العادية ٠,٨١ ، الفطريات المحبة للجفاف ٠,٦٥

عموما ، فإن معظم الكائنات الدقيقة تقف عن النمو ، إذا نقصت (ن م) الوسط ، عن ٠,٧ ، أو إذا نقص المحتوى الرطوبى للمادة عن ١٠ - ١٥٪ .

من مميزات التجفيف ، أن مدة الحفظ به طويلة ، وأنه يقلل من حجم ووزن الغذاء ، فتسهل عمليات التخزين والنقل ، كما انه أقل تكلفه ، عن طرق الحفظ الأخرى . ولكن من عيوبه ، أنه قد يغير إلى حد ما من صفات الغذاء، فى الطعم والقوام ، ويسبب فقدا لبعض الفيتامينات ، كما أن الغذاء المجفف، يحتاج إلى النقع فى الماء لمدة طويلة ، قبل التناول .

المحاليل المركزة

الحفظ بالمحاليل المركزة ، صورة من صور الحفظ بالتجفيف ، حيث أن كمية الماء الحر الموجود بالغذاء ، يصبح فى صورة غير ميسرة للميكروبات ، نتيجة وجود نسبة عالية من الغرويات ، أو المواد الذائبة كالسكر ، والملح ، التى ترتبط بالماء . كما أن زيادة الضغط الأسموزى للمحلول ، يؤدى إلى وقف نشاط الميكروبات ، وربما إلى موتها ، بسبب بلزمة الخلايا الميكروبية .

المحلولين المستعملين فى الحفظ ، هما المحلول السكرى ، بنسبة حوالى ٧٠٪ ، والمحلول الملحى بنسبة حوالى ١٥٪ . ويستعمل المحلول السكرى فى حفظ الشربات ، المربى ، الفواكه ، اللبن المكثف المحلى . ويستعمل المحلول الملحى فى حفظ الأسماك المملحة ، والمخللات .
وملح الطعام ، بالإضافة إلى تأثيره فى التجفيف ورفع الضغط الأسموزى ، فقد يكون له تأثير آخر ، بإعتباره مادة كيميائية حافظة .

٥- التجفيد Lyophilization , Freeze - drying

هذه الطريقة ، تجمع بين التجميد والتجفيف ، حيث تجمد المادة تجميدا سريعا ، ثم تجفف بالتسامى تحت تفريغ ، وتصل نسبة الرطوبة فى المنتج النهائى لأقل من ٠,٥٪ . والمادة المعاملة بهذه الطريقة ، يمكن حفظها لمدة طويلة جدا ، تصل لعدة سنوات ، كما فى حالة حفظ المزارع البكتيرية . ويراعى فى المنتجات المحفوظة بهذه الطريقة ، نفس ما اتبع فى حفظ الأغذية بالحرارة المنخفضة ، أو التجفيف ، بأن تكون الأغذية نظيفة، خاليه من الميكروبات المرضية ، وروعيت الشروط الصحية فى إنتاجها .

٦- المواد الحافظة Preservatives

تعمل المواد الحافظة بالأغذية ، على منع أو تأخير ، نمو الميكروبات بها . وهذه المواد قد تضاف للغذاء ، أو تتكون به أثناء إعداده . والمواد الحافظة ، التى تتكون ببعض الأغذية أثناء إعدادها ، تتكون نتيجة لنشاط الميكروبات ، كما يحدث فى عمليات التخمر ، والتى من أمثلتها المخللات، والألبان المتخمرة ، والسيلاج ، حيث يتكون أثناء التخمر الميكروبى ، احماض اللاكتيك، والبروبيونيك ، والخليك ، التى تساعد على حفظ الغذاء .

أما المواد الحافظة ، التى تضاف للغذاء ، فهى عديدة ، ويشترط فى هذه المواد ، أن تكون غير ضارة بصحة المستهلك .
من المواد العضوية التى تضاف : حامض السوربيك ، والبروبيونيك (بتركيز ١ — ٥ فى الألف) لتثبيط نمو الفطريات بالخبز ، والبنزويك (بنسبة ١ فى الألف) ، للشربات ، وعصير الفواكه ، والمربات .
ومن المواد المعدنية المضافة : كلوريد الصوديوم فى المخللات ، والأغذية المملحة ، والنترات والنتريت لحفظ اللحوم ، والمحافظة على لونها الأحمر. وإن كان إستعمال النترات والنتريت ، يقابل بإعتراضات كثيرة ، لتأثيرهما المطفر ، على خلايا المستهلك .

ويجب أن يوضع فى الإعتبار ، أن المواد الحافظة ، ليست بديلا عن النظافة ، فالمادة الخام منذ حصادها بالحقل ، وحتى تقديمها للمستهلك طازجة ، أو مصنعة ، يجب ان يراعى فى إنتاجها ، كل الشروط الصحية الممكنة ، وتجنب تلوثها بقدر الإمكان .

التــــدخين Smoking

يعتبر تدخين الأغذية ، كالأسماك واللحوم ، من طرق الحفظ بالمواد الحافظة ، لأنه أثناء التدخين ، يتصاعد مع دخان الخشب ، أو الفحم المستعمل فى التدخين ، أبخرة : كريزولات ، وفينولات ، وكيتونات ، وفورمالدهيد ، واحماض عضوية كالخليك ، والفورميك ، والبروبيونيك ، يطلق عليها مجتمعة Pyroligenous acid ، وهى مواد مثبطة للميكروبات ، تنفذ بأنسجة الأغذية أثناء التدخين ، وتساعد على الحفظ .

وأثناء عملية تدخين الأغذية ، فإنه يجب التحكم فى درجة الحرارة والرطوبة ، بما يناسب الغذاء المجفف . وعموما ، فإن مدة التدخين ، تتراوح ما بين عدة ساعات إلى عدة أيام ، على درجة حرارة تتراوح بين ٤٣ - ٧١°م حسب نوع الغذاء . ولإستمرار حفظ هذه الأغذية ، يجب أن تحفظ فى جو غير رطب .

التوابـــل Spices

تضاف التوابل أساسا للأغنية ، لإكسابها الطعم ، والنكهه المقبوله ، غير أن التوابل ، تحتوى على بعض الزيوت المضادة لنشاط الميكروبات Antimicrobial activity ، التى قد تساعد فى حفظ الأغذية .

ويختلف تأثير هذه المواد المضادة ، بإختلاف نوع التوابل ، وكميتها، ونوع الميكروب (جدول ٦-٢) . وقد وجد أن زيوت التوابل ، أشد تأثيرا ، على الميكروبات ، من التوابل نفسها . كما أنه بتعريض التوابل للهواء ، فإنها تفقد مركباتها الطيارة ، وتفقد بذلك ، تأثيرها المثبط للميكروبات .

المضـــــادات الحيـوية

جرب استعمال المضادات الحيوية ، مثل الكلورتتراسيكلين ، والأوكسى تتراسيكلين ، فى حفظ الأغذية منخفضة الحموضة ، مثل اللحوم، والأسماك، والدواجن . ورغم أن النتائج من حيث إطالة مدة الحفظ ، كانت جيدة ، إلا أن استعمال المضادات فى الأغذية ، قوبل بإعتراضات كثيرة ، نظرا للتأثير المتبقى الضار لهذه المواد ، على صحة الإنسان ، وعلى تكوين طفرات من الميكروبات المرضية ، مقاومة لتأثير المضادات .

جدول ٦-٢ : بعض التوابل ومركباتها المضادة للميكروبات

التوابل		% للزيوت الأساسية بالنبات (*)	مستخلص المادة المضادة للميكروبات		التركيز المضاد للميكروبات***		الميكروبات الحساسة
			المادة**	%	جزء فى المليون	التأثير	
ثوم	Garlic	٠,٥ – ٠,٣	Allyl sulfonyl, Allyl sulfide		١٠٠٠ – ١٠٠	مثبط	خمائر ، بكتريا
زعتر	Thyme	٢,٥	Carvacrol, Thymol		١٠٠	قاتل	بكتريا
فلفل أحمر	Paprika	٣,-	Capsicidin		١٠٠	مثبط	خمائر ، بكتريا
فلفل حلو	Allspice	٥ – ٣	Eugenol	٧٨-٧٣	١٠٠٠	قاتل	خمائر ، بكتريا
قرفة	Cinnamon	١,- – ٠,٥	Cinnamic aldehyde	٧٥-٦٥	١٠٠٠ – ١٠٠	قاتل	خمائر ، بكتريا ، فطريات
قرفة صينى	Cassia	١,٢	Cinnamyl acetate	٩٠-٧٥	١٠٠٠ – ١٠٠	قاتل	خمائر ، بكتريا
قرنفل	Clove	١٩,- – ١٦,-	Eugenol	٩٢-٧٢	١٠٠٠	قاتل	خمائر ، بكتريا
مستارده	Mustard	١,- – ٠,٥	Allyl isothiocyanate	٩٠	١٠٠	قاتل	خمائر ، بكتريا

* تعتمد نسبة الزيوت الموجوده بالنبات على الظروف الزراعية ، والبيئة ، خلال موسم النمو

** قد يحتوى النبات ، على أكثر من مادة مضادة للميكروبات .

*** يزيد تأثير المواد المضادة للميكروبات ، كلما انخفض pH الوسط .

٧- الإشعـــــــاع Radiation

الأشعه فوق البنفسجية ، رغم أنها قاتلة للميكروبات ، إلا أن قدرتها على اختراق المواد محدود ، وهذا يحدد استعمالاتها ، فى عمليات الحفظ ، حيث يمكن أن تستعمل فى تعقيم أسطح المواد ، مثل أسطح اللحوم المصنعه، وأسطح الفطائر ، ومنتجات المخابز ، وأسطح الأدوات والأوانى ، وفى معاملة المياه المستخدمة فى تطهير الأسماك .
والطول الموجى المستخدم من هذه الأشعة ، يتراوح بين ٢٥٠ - ٢٨٠ nm ، وذلك بإستعمال لمبات بخار الزئبق ، المصنوعة من الكوارتز .

الاشعة المؤينه ، (مثل أشعة جـامـا ، وطولهـا الموجـى أقل من ٠,٠١ A° ، ومصدرها الكوبالت المشع ^{60}Co) ، قاتلة للميكروبات ، وقدرتها عالية على اختراق المواد . لذلك ، فإن إستعمالها فى حفظ الأغنية كاللحوم والدواجن، والأسماك ، بدأ يتزايد فى السنوات الأخيرة .

يسمى تعقيم الأغنية بالإشعاع ، بالتعقيم البارد Cold sterilization ، حيث لاترتفع درجة حرارة الغذاء المعامل ، لأكثر من عدة درجات . ومقاومة الميكروبات للإشعاع ، لايتطابق مع مقاومتها للحرارة . ومن أكثر الميكروبات مقـاومة للإشعـاع ، ويهـم صانـع الأغنيـة التخلص منهـا ، هو Clostridium botulinum ، ويحتاج إلى مالا يقل عن ٤,٠ ميجاراد mega - rad لقتله .

تختلف الميكروبات فى مقاومتها للإشعاع ، فأقلها مقاومة هى البكتريا السالبة لجرام ، يليها فى زيادة المقاومة ، البكتريا غير المتجرثمة الموجبة لجرام ، ثم الفطريات والخمائر، ثم البكتريا المتجرثمة ، وأخيرا ، فإن الفيروسـات والإنزيمات ، تعتبر من أكثرها مقاومة ، وهذه ، تحتاج لقتلها ، إلى جرعات عالية عما يستعمل فى حالة البكتريا ، مثالا على نلك، فإن ٠,٦ ميجاراد كافية لقتل السالمونيلا ، بينما تحتاج الفيروسات لجرعات أكبر من ٥,٠ ميجاراد .

وتعتمـد معاملـة الميكروبـات بالأشعـة المؤينـه ، بعكس معامـلات الحفظ بالحرارة ، على جرعـة الإشعـاع القاتلة Radiation death dose ، أكثر من اعتمادها ، على وقت التشعيع المميت Radiation death time .

ويستعمل التشعيع - مثل الحرارة - بمستويات مختلفة ، منها

- البسترة الإشعاعية **Radiation pasteurization , Radirization**

وهذا المصطلح ، يكافىء فى المعاملات الحرارية ، تعبير بسترة اللبن. ففى البسترة الإشعاعية ، تستخدم جرعات متوسطة من أشعة جاما ، تتراوح بين ٢,٥ إلى ١٠,- كيلو - جراى (*) ، حيث تسبب قتل أكثر من ٩٨٪ (وليس ١٠٠٪) ، من الميكروبات المفسدة ، بالأغذية المعاملة .

- التشعيـع التجـارى **Commercial radiation , Radappertization**

وهـذا المصطلح ، يعادل مصطلح التعقيم التجارى ، فى الأغذية المعلبة . وفى التشعيع التجارى ، تستخدم جرعـات عـالية من أشعة جـاما، تتراوح بين ٣٠ إلى ٤٠ ك - جـراى . علمـا بـأن جرعـات الإشعـاع الأكثر من ٤٥ ك - جراى ، تؤدى إلى التعقيم الكامل .

الجرعات العالية من الإشعاع ، قد تكون ذات تأثير ضار على مكونات وخـواص الغـذاء ، فبعض الأغذية ، إذا تعرضت لجرعات إشعاع ، أكثر من ٥٠,- ك - جراى ، يحدث لها تغيير فى القوام ، والطعم ، واللون ، والتركيب، مما يفقدها الكثير ، من صلاحيتها كغذاء .

---

* الجراى Gray = ١٠٠ راد Rad

الـراد Rad = كمية الإشعاع التى تكافىء امتصاص ١٠٠ إرج لكل جرام من المادة

الإرج Erg ، هو وحـدة قياس الطاقـة ، وهو يساوى الطاقة اللازمة لتحريك واحـد داين مسافة ١ سم

والجراى ، يسـاوى أيضا الوحدة المستعملة فى الشغل ، أى القوة بالداين x المسافـة بالسم

فســاد الأغذيــة Food spoilage

يحدث الفساد البيولوجى بالغذاء ، بسبب نشاط إنزيمات الغذاء ، أو الميكروبات ، أو الإثنين معا . ويعتبر الفساد الميكروبى أهمها ، ويليه الفساد الإنزيمى . وغالبا فإن المعاملات المستخدمة ، فى حفظ الأغذية من الفساد الميكروبى ، تتلف أيضا إنزيمات الغذاء .

تقسم الأغذية بالنسبة لقابليتها للفساد ، إلى ثلاثة مجاميع

١- أغنيــة غير قابلة للفساد Unperishable foods
مثل السكر ، والحبوب ، والدقيق ، وهى لاتفسد ، إلا إذا تدوولت بإهمال.

٢- أغنيــة متوسطة القابلية للفساد Semi-perishable foods
مثل البطاطا ، والبطــاطس ، واللفت ، وهى تبقى سليمة لمدة طويلة ، إذا تدوولت ، وخزنت بعناية .

٣- أغنيــــة قابلـــة للفســاد Perishable foods
وهذه ، تشمل معظم الأغذية ، من خضروات ، وفاكهة ، ولحوم ، ودواجن، وأسماك ، والبان ، وبيض . وهذه الأغذية سريعة التعرض للفساد ، مالم تحفظ بطريقة حفظ مناسبة.

وتعتبر أغلب المواد الغذائية ، بيئة صالحة لنمو الميكروبات ، من بكتريا وخمائر وفطريات ، التى إذا توفرت لها ، الظروف المناسبة لنشاطها، فإنها تحدث تغيرات فى مظهر ، وطعم ، ولون ، وتركيب ، وخواص الغذاء . كما أن من هذه الميكروبات ، أنواعا ممرضة للإنسان ، والحيوان .

وتتوقف طبيعة ، وسرعة فساد الغذاء ، على مجموعة من العوامل ، منها :
طبيعة الغذاء ، صفاته الطبيعية والكيميائية ، نوع وعدد الميكروبات الموجودة به ، طريقة الحفظ المستعملة ، وظروف التخزين .

ويمكن تلخيص عمليات التحلل التى تحدث بالغذاء ، نتيجة نشاط الميكروبات ، فى التفاعلات العامة التالية

- تعفـــن Putrefaction

أغذيـــة بروتينيـــة + ميكروبـــات محللـــة للبروتيـــن ————————> أحمـــاض أمينيـــة + أمينـــــات + أمـــونيـــا + مركبات كبريتية. CO_2 + H_2S +

- تخمـــر Fermentation

أغذيـــة كربوهيدراتية + ميكروبات مخمرة للكربوهيدرات ————————> أحمـــاض عضـــويـــة + كحـــــولات + غـــــازات

- تزنـــخ Rancidity

أغذية دهنيـــة + ميكروبات محللة للدهـــون ————> أحماض دهنية + جليســـــــرول .

التغيرات التى تسببها الميكروبات بالغذاء ، ليست قاصرة فقط على تحلل المادة الغذائية ، بل يمكن أن تحدث أيضا ، نتيجة لما تفرزه الميكروبات أثناء نشاطها التمثيلى ، من مواد مختلفة ، مثل الصبغات ، والمواد اللزجة ، وغيرها .

والجـداول التالية ، توضح بعض النماذج ، لأنواع الفساد بالأغذية غير المعلبة .

جدول ٦-٣ : أمثلة لأنواع الفساد بالأغذية الخام (غير المعلبة) والميكروبات المسببة

الغذاء	نوع الفساد	المسبب
خضروات طازجة	لزوجة ، تلون	إنزيمات الخضار
	عفن	Erwinia , Rhizopus , Aspergillus
فواكه طازجة	عفن طرى عفن أخضر عفن أسود	Rhizopus Botrytis Aspergillus niger
عصير الفاكهة	روائح كريهه	Lactobacillus , Leuconostoc, Achromobacter
	تخمر كحولى تخمر خليكى	Saccharomyces Acetobacter
اللحوم الطازجة	حموضة	Micrococcus , B. megatherium , Pseudomonas
	تعفن	Alcaligenes , Clostridium , Proteus , Pseudomonas
	فطرى وبقع ملونة	Aspergillus , Cladosporium , Penicillum , Rhizopus
الدواجن	لزوجة ، روائح	Alcaligenes , Pseudomonas
الأسماك(*)	تعفن	Alcaligenes , Flavobacterium , Pseudomonas
	تلون	Micrococcus , Pseudomonas, Sarcina
البيض	تعفن بدون لون	Alcaligenes, Achromobacter, Coliform
	عفن أخضر عفن أسود عفن فطرى	Pseudomonas fluorescens Proteus Cladosporium , Penicillium

* الأسماك أسرع فسادا من اللحوم ، لسرعة تحللها الذاتى بواسطة إنزيماتها ،
ولأن حموضتها أقل من اللحوم ، فهى أكثر تعرضا للبكتريا ،
كما أن زيوتها أسرع تزنخا ، من دهن اللحوم .

جدول ٦-٤ : أمثلة لأنواع الفساد بالأغذية المجهزة (غير المعلبة) ، والميكروبات المسببة

الغذاء	نوع الفساد	المسبب
الخبز	فطرى مع مناطق ملونة	Rhizopus nigricans , Aspergillus niger, Penicillium
	لزوجة	Bacillus subtilis
الشربات والمربات	لزوجة	Enterobacter aerogenes
	خميرة أوزموفيلية	Zygosaccharomyces
	فطرى	Aspergillus, Penicillium
المخللات	طراوة	B. polymyxa , Erwinia
	سواد	Desulfotomaculum
	فجوات	Lactobacillus brevis , Yeast
	خميرة غشائية ، وتلون	Rhodotorula
السجق	اخضرار ولزوجة	Lactobacillus , Leuconostoc
	تسمم بوتشوليني	Clostridium botulinum

فســـاد الأغـذيـــة المعلبـة

تفسد الأغذية المعلبة لأسباب عديدة ، قد تكون بيولوجية ، أو غير بيولوجية . ويحدث الفساد غير البيولوجى ، نتيجة لتفاعل مكونات الغذاء مع معدن العلبة ، فيحدث إنتفاخ إيدروجينى ، أو تلون بالغذاء ، وتكون روائح كريهه ، وعكارة .

وقد يحدث الفساد ، نتيجة عدم كفاية المعاملة الحرارية ، أو عدم إحكام غلق العلبة ، أو حدوث تنفيس بها ، فتدخل الميكروبات بداخل العلبة، وتسبب فســـاد الغذاء .

يتوقف نـــوع الفساد البيولوجى ، بالأغذية المعلبة ، على المعاملة الحرارية ،، وما يتبقى بعدها من ميكروبات بالغذاء . فالأغذية منخفضة ومتوسطة الحموضة ، تعامل بالبخار المضغوط ، لذلك فإنها تفسد بالبكتريا المتجرثمة ، الشديدة المقاومة للحرارة (جدول ٦-٥) .

والأغذية الحامضية ، وعالية الحموضة ، تعامل بدرجات حرارة قرب الغليان ، لذلك ، فإنها تفسد بأنـــواع مختلفـــة من الميكروبات ، منها المتجرثم ، وغير المتجرثم المقاوم للحموضة ، وكذلك بالفطر ، والخميرة (جدول ٦-٦) .

جدول ٦-٥ : أنواع الفساد بالأغذية المعلبة منخفضة ومتوسطة الحموضة (كالخضروات واللحوم)

نوع الفساد والمسبب	مظهر الفساد	
	في العلبة	في الغذاء
بكتريا محبة للحرارة المرتفعة		
- فساد المسطح الحامضي(*) Flat sour B. stearothermophilus	لايحدث انتفاخ بالعلبة	مظهر الغذاء عادي ، زيادة شديدة في حموضة الغذاء
- فساد غازي بدون تكون H_2S Swelling without H_2S Cl. thermosaccharolyticum	تنتفخ العلبة تدريجيا، وقد تنفجر	تكون حموضة، وروائح ، وغازات
- كبريتي نتن (عفن) Sulfide stinker Cl. nigrificans	لايحدث انتفاخ بالعلبة ويتكون H_2S ، ويمتص بالغذاء	إسوداد الغذاء ، وروائح تعفنيه
بكتريا محبة للحرارة المتوسطة		
تعفن Cl. sporogenes	تنتفخ العلبة تدريجيا وقد تنفجر	غازات ، وروائح تعفنيه

* وقد يطلق عليه الفساد الحامضي المستوي أو المستتر

جدول ٦-٦ : أنواع الفساد بالأغذية المعلبه الحامضية (مثل العصائر والفواكه وصلصة الطماطم)

نوع الفساد والمسبب	مظهر الفساد	
	فى العلبة	فى الغذاء
فساد المسطح الحامضى B. thermoacidurans	لايحدث انتفاخ بالعلبه	تغير فى الحموضة ، مع روائح كريهه ، وطعم غير مقبول
تخمر بيوتيريكى Cl. butyricum	انتفاخ العلبة تدريجيا وقد تنفجر	تخمر ، غازات ، ورائحة حامض البيوتيريك
(*)بكتريا غير متجرثمة غالبا منتجة لحامض اللاكتيك	انتفاخ العلبة تدريجيا وقد تنفجر	طعم حامضى، غازات
(*)خمائر	انتفاخ العلبة تدريجيا وقد تنفجر	تخمر ، غازات ، رائحة الخميرة
(*)فطريات	لايحدث انتفاخ بالعلبة	نمو سطحى للفطر ، روائح غير مقبوله

(*) توجد هذه الميكروبات بالغذاء ، إذا كانت المعاملة الحرارية غير كافية .

التسمم الغذائي Food poisoning

التسمم الغذائي ، هو مرض فجائي ينتج من تناول غذاء ، يحتوى على كيميائيات سامة (كالزرنيخ والرصاص) ، أو مبيدات ، أو نباتات وحيوانات سامة (كبعض أنواع عيش الغراب ، وبعض المحاريات ، والأسماك) ،أو سموم ميكروبية .

ويمتاز التسمم الميكروبى ، بأنه يظهر فجأة ، بين مجموعة كبيرة من الناس ، تناولوا الغذاء السام ، مع حدوث اضطرابات ، غالبا ، ما تكون فى الجهاز الهضمى .

ولايقتصر التسمم الميكروبى على البكتريا ، بل قد يحدث من فطريات، أو طحالب ، أو بروتوزوا . والسموم (Toxins) التى يكونها الميكروب ، هى عبارة عن نواتج ثانوية للتمثيل الغذائى Secondary metabolites ، وأغلبها عبارة عن بروتين ، أو عديد الببتيدات .

هناك نوعين من السموم الميكروبية

١- سموم خارجية **Exotoxins**

وهذه ، تفرز خارج الميكروب ، ويتسبب التسمم ، عن وجود التوكسين نفسه فى الغذاء (وليس الميكروب) ، كما فى حالة التسمم البوتشولينى، والعنقودى .

٢- سموم داخلية **Endotoxins**

وهذه ، تتكون داخل الميكروب ، ويحدث التسمم ، نتيجة تعاطى الميكروب حيا ، أى حدوث عدوى ميكروبية infection ، حيث يتكاثر الميكروب بالأمعاء ، وبعد موت الميكروب ، وتحلل خلاياه ، تنطلق التوكسينات الداخلية ، محدثة التسمم ، وذلك كما فى حالة التسمم بالسالمونيلا ، والبكتريا السبحية .

عموما ، تعتمد طرق الوقاية ، من التسمم الغذائى الميكروبى ، على منع وصول الميكروبات للغذاء ، أو إيقاف نموها ، إذا ماوصلت اليه .

من التسممات الغذائية البكتيرية

١- التسمم البوتشوليني Botulism

يتسبب هذا التسمم ، عن توكسين خارجي ، تفرزه بكتريا Clostridium botulinum . وهو ميكروب موجب لصبغة جرام ، عصوى ، متجرثم بجرثومة تحت طرفيه ، ذو أسبورانجيا منتفخة ، لاهوائي . وينمو في الأغذية المعلبة ، غير محكمة التعقيم ، خاصة الأغذية منخفضة الحموضة ، وكذلك في الأغذية المعلبة بالمنزل . وللميكروب عدة سلالات ، يميز بينها بيوكيميائيا ، أو سيرولوجيا .

تظهر الأعراض بعد ١٢ - ٣٦ ساعة (٢٤ ساعة في المتوسط) ، من تناول الغذاء المحتوى على التوكسين : كصداع ، ودوار ، وصعوبة في البلع، والنطق ، والتنفس ، والنظر ، ثم يحدث شلل بالجهاز التنفسي ، والعصبي .
ويعد التوكسين ، من أشد التوكسينات المعروفة تأثيرا ، ولذلك ، فإن نسبة الموت من هذا التسمم عالية ، تزيد عن ٦٥٪ ، ويحدث الموت بعد ٣ - ٨ أيام ، من ظهور الأعراض .

الميكروب شديد المقاومة للحرارة ، وتتحمل الجراثيم درجة ١٢٠°م لعدة دقائق ، إلا أن التوكسين يتأثر بالحرارة . وعلى ذلك ، فإن الوقاية من هذا التسمم تتأتى من استخدام الحرارة الكافية عند التعليب ، والغلى الجيد قبل الأكل ، للغذاء المشكوك فيه لإتلاف التوكسين ، وذلك ، لمدة ١٥ دقيقة.

٢- التسمم العنقودي Staphylococcal food-poisoning

يتسبب هذا التسمم ، عن توكسين خارجي معوى Enterotoxin ، تفرزه سلالات من بكتريا Staphylococcus aureus . وهو ميكروب موجب لصبغة جرام، كروى في عناقيد ، غير متجرثم ، إختيارى للهواء ، يفرز صبغات صفراء اللون ، موجب للكوأجيولاز (انزيم يجمع بلازما الدم) ، وينمو الميكروب ، في بيئة بها ١٠٪ NaCl ، ويتحمل ملوحة حتى ١٥٪ .

هذا التسمم شائع الحدوث ، خاصة فى الأفراح والحفلات الجماعية ، وأكثر الأغذية تعرضا لهذا التسمم ، هى الأغذية منخفضة الحموضة عموما، خاصة الفطائر المحشوة ، والجاتوهات ، ومنتجات الألبان .

تظهر الأعراض ، حسب حساسية الشخص المصاب، بعد ١ - ٦ ساعات (٣ ساعات فى المتوسط) ، من تناول الغذاء المحتوى على التوكسين ، وذلك فى صورة اضطرابات معوية ، مصحوبة بالمغص ، والقيىء ، والإسهال. ولاتحدث وفيات من هذا التسمم ، ويتم الشفاء خلال يوم إلى ثلاثة أيام .

الميكروب المسبب للتسمم ، غير متجرثم ، يقتل بسهولة عند درجة حرارة أقل من ١٠٠°م ، إلا أن التوكسين ، شديد المقاومة للحرارة ، ولايتلف بالغليان .

وعلى ذلك ، فإنه لمنع هذا التسمم ، يبرد الغذاء المطبوخ بسرعة ، ويوضع فى الثلاجة ، لإيقاف نمو ونشاط الميكروب ، حتى لايتكون التوكسين هذا مع مراعاة ، الأصول الصحية فى تداول الغذاء ، لمنع وصول الميكروب للغذاء .

٣- التسمم بالسالمونيلا **Salmonella food-poisoning**

يتسبب هذا التسمم ، عن عدوى ميكروبية ، من بكتريا *S. enteriditis* ، *S. typhimurium* ، وهى ميكروبات سالبة لصبغة جرام ، عصوية قصيرة ، غير متجرثمة ، إختيارية للهواء ، لاتحلل سكر اللاكتوز ، وبعض أنواعها ممرضة للدواجن ، والحيوانات .

ويميز بين السلالات ، بقدرتها على تحليل السكريات المختلفة ، وبإختبارات التجمع .

تظهر الأعراض ، بعد ٧ - ٣٠ ساعة (٢٤ ساعة فى المتوسط) ، من الإصابة . وطول فترة الحضانة هذه ، تميز التسمم بالسالمونيلا ، عن التسمم العنقودى (٣ ساعات فى المتوسط) . وتظهر الأعراض ، فى صورة اضطرابات معوية ، مع إرتفاع بسيط فى الحرارة .

ويستمر المرض لعدة أيام (من ٢ إلى ٤ يوم) ، وهو أقل انتشارا من التسمم العنقودى ، ونسبة الوفيات به أقل من ١٪ .

ينتقل الميكروب إلى الغذاء بواسطة الذباب . وأكثر الأغذية تعرضا ، هى الأغذية منخفضة الحموضة ، خاصة اللحوم ، والدواجن ، والأسماك ، وألبان الحيوانات المصابة .

وعلى ذلك ، فللوقاية من هذا التسمم ، يراعى النظافة ، والإشراف الدقيق فى السلخانات ، على الحيوانات المذبوحة ، وغلى الطعام جيدا قبل الأكل لقتل الميكروب . وفى الدول المستوردة للحوم ، فإن المحاجر البيطرية، هى خط الدفاع الأول ، من اللحوم والدواجن والأسماك المجمدة ، المستوردة المصابة .

يبين الجدول ٦-٧ ، مقارنة بين بعض التسممات الغذائية البكتيرية ، الشائعة الحدوث .

٤- تسممات ميكروبية أخرى

توجد أنواع أخرى من البكتريا ، بخلاف ما ذكر ، تسبب تسممات غذائية (عدوى ميكروبية) ، تظهر فى صورة اضطرابات معوية . وتظهر الأعراض على المصاب ، بعد عدة ساعات (١٠ - ٢٤ ساعة) ، من تناول الغذاء المحتوى على البكتريا المسببة .

من هذه البكتريا :

E. coli , Proteus vulgaris , Streptococcus faecalis (alpha type) ,

Vibrio parahaemolyticus and Bacillus cereus .

كما توجد بعض الفطريات ، تنمو على الحبوب مثل القمح ، والفول السودانى ، والبقول ، وتفرز سموما فطرية Aflatoxins ، تسبب سموما غذائية ، للإنسان والحيوان ، قد يكون مميتا .

من هذه الفطريات : Aspergillus flavus , Penicillium puberulum .

ويجب الحذر من تناول حبوب مخزونة ، حدث بها تعفن ، بسبب نمو الفطريات ، لأن السموم الفطرية ، إذا ماتكونت بالغذاء ، فإنها لاتتلف بالحرارة .

جدول ٦-٧ : مقارنة بين التسممات الغذائية البكتيرية الشائعة

التسمم	المسبب	فترة الحضانة (ساعة)	الأعراض	مدة المرض (يوم)	نسبة الموت	الأغنية المعرضة
البوتشوليني Botulism	توكسين ، يفرزه Cl. botulinum	١٢ - ٢٦ (٢٤)	صداع ، دوار ، صعوبة في البلع والنطق والنظر والتنفس ، ثم شلل في الجهاز التنفسي	٣ - ٨	أكثر من ٦٥٪	الأغنية منخفضة الحموضة المعلبة ، والمعلبات المنزلية
العنقودي Staphylococcal	توكسين ، يفرزه Staph. aureus	١ - ٦ (٣)	اضطرابات معوية مثل مغص ، قيء ، إسهال	١ - ٣	منخفضة جدا	الفطائر المحشوة ، و الجاتوهات ، ومنتجات الألبان ، والأغنية منخفضة الحموضة عموما
Cl. perfringens	توكسين ، يفرزه Cl. perfringens	١٠ - ٢٤ (١٥)	اضطرابات معوية	١ - ٣	منخفضه	اللحوم والدواجن والأسماك غير جيدة الطبخ
السالمونيلا Salmonellosis	عدوى Salmonella spp.	٧ - ٣٠ (٢٤)	اضطرابات معوية مع ارتفاع في الحرارة	٢ - ٤	أقل من ١٪	اللحوم والألبان

الأمراض التى تنقلها الأغذية Food-borne diseases

تنتقل بعض الميكروبات الممرضة ، عن طريق الأغذية الصلبة ، أو السائلة ، بما فى ذلك الماء ، فتسبب أمراضا للمستهلك .

ومن أمثلة الأمراض التى تنقلها الأغذية

المرض	المسبب
التيفود والباراتيفود	Salmonella sp.
الدوسنتاريا الباسيلية	Shigella sp.
الدوسنتاريا الأميبية	Entamoeba histolytica
الكوليرا	Vibrio cholera
حمى - Q - fever (أنواع من الإلتهابات الرئوية)	Coxiella burnetii

كما تنتقل عن طريق الأغذية ، الفيروسات المسببة لبعض الاضطرابات المعوية ، والإلتهاب الكبدى الوبائى ، وشلل الأطفال . وبالإضافة إلى ذلك ، فقد تنقل الأغذية ، بعض الطفيليات الحيوانية Food-borne animal parasites ، مثل البروتوزوا ، والديدان الكبدية ، والأسطوانية ، والشريطية ، وغيرها .

الوقاية من هذه الأمراض

مصدر العدوى ، للميكروبات المعوية المرضية ، هو المرضى ، وحاملى الميكروب ، والمخلفات البرازيه . وتنتقل الميكروبات إلى الأغذية السليمة ، من المرضى ، وحاملى الميكروب ، وعن طريق الذباب ، والتلوث .

لذلك ، فإن الوسائل المستخدمة ، للوقاية من هذه الأمراض ، تعتمد على الأسس العامة التالية

- المحافظة على الغذاء من التلوث الميكروبى ، مع مراعاة الطرق الصحية السليمة فى : التداول ، والإعداد ، والتقديم ، والحفظ .
وبصفة خاصة ، يجب أن يؤخذ فى الإعتبار ، تجنب تلوث الغذاء بالمواد البرازية ، والإهتمام بمكافحة الذباب ، وعلاج حاملى المرض، وتلقيح المخالطين باللقاح الواقى ، والطهى الجيد للغذاء .

- عدم إعطاء الفرصة ، لنمو الميكروبات التى تصل للغذاء ، بالإستهلاك السريع للغذاء بعد إعداده ، أو بالحفظ بالتبريد لحين الإستهلاك.

- التخلص من الأغذية المشتبه فيها .

- نشر الوعى الصحى بين الجمهور .

الفحص المعملى للأغذية المسببه للأمراض

تعتمد طرق الفحص المعملى ، للأغذية المشتبه فيها ، أو التى سببت المرض ، أو للعينات المأخوذة من الأفراد المصابين ، على نوع الغذاء ، ونوع المرض الناتج ، حسب الأعراض التى ظهرت ، ومدة الحضانة لظهور المرض (جدول ٦-٧) .

ويبدأ الإختبار المعملى للعينة ، بعمل شرائح مصبوغة بصبغة جرام، وفحصها ميكروسكوبيا ، وسيعطى هذا فكرة ، عن الميكروب المسبب ، وعدد الميكروبات بالعينة .
ثم قد يحتاج الأمر ، خاصة فى حالة الأوبئه ، لعزل المسبب ، وتعريفه ، والتمييز بين افراده ، باستعمال الإختبارات البيوكيميائية ، والسيرولوجية المناسبة ، وإجراء اختبارات حيوانات التجارب .

والجدول (٦-٨) ، يبين أهم البيئات المزرعية المستعملة ، عادة ، لفحص بعض المسببات المرضية .

جدول ٦-٨ : فحص الأغنية للميكروبات الممرضة

الميكروب	بيئة الإكثار	بيئة التلقيح المباشر ، أو بيئة الصب فى الأطباق
Cl. botulinum[1]	بيئة قلب عجل بيئة اللحم المطبوخ ، مع الجلوكوز والنشا	بيئة آجار الدم ومستخلص اللحم المقواة للكلوستريديا
Cl. perfringens[2]	بيئة الثيوجليكولات بيئة اللحم المطبوخ	بيئة آجار الكبريتيت والبوليمكسين والسلفاديازين
Staph. aureus	بيئة اللحم المطبوخ مع ١٠٪ ملح طعام بيئة المانيتول والسوربيك	بيئة آجار البكتريا العنقودية رقم ١١٠
Fecal streptococci	بيئة مرق الدكستروز والأزيد بيئة مرق KF	بيئة آجار KF بيئة آجار الدم وأزيد الصوديوم
Salmonella	بيئة مرق اللاكتوز بيئة مرق السيلينيت والسيستين	بيئة آجار السالمونيلا والشجيلا بيئة آجار بريليانت جرين السلفاديازين
Shigella	بيئة مرق اللاكتوز بيئة مرق السيلينيت والسيستين	بيئة آجار السالمونيلا والشجيلا بيئة آجار بريليانت جرين السلفاديازين .

(١) تسخن بيئة الإكثار الملقحة (أو التخفيفات) ، على درجة ٨٠°م لمدة ٢٠ ق

(٢) تسخن العينة على درجة ٨٠°م لمدة ٢٠ ق

الأغذية المتخمرة Fermented foods

الأغذية المتخمرة ، هى مجموعة من المنتجات تستعمل كأغذية ، تنتج جزئيــا ، أو كليـا ، بالتخمــرات الميكروبية ، نتيجة النشاط الميكروبى . ومن أمثلة هذه الأغذية، المخللات ، والسيلاج، وبعض أنواع السجق Sausages.

وتعتبر بكتريا حامض اللاكتيك ، هى المسئولة أساسا ، عن حدوث التخمر المرغوب فيه ، المطلوب لإنتاج كل نوع من أنواع هذه الأغذية المتخمرة . وهذه البكتريا ، تنتج الحامض ، الذى يساعد على حفظ هذه المنتجات ، إذ يثبط الحامض المتكون ، الميكروبات المسببه للفساد .

وتوجد الميكروبات ، المسببه لهذه التغيرات المطلوبة ، طبيعيا على المادة التى ستخمر ، أو تضاف كبادىء Starter culture ، أثناء الإعداد .

والجدول ٦-٩ ، يوضح امثلة لهذه التخمرات .

جدول ٦-٩ : بعض أمثلة للأغذية المتخمرة والميكروبات المسببه

الغذاء	المادة المستعملة	الميكروبات المسئولة عن التخمر
كرنب مخـلل Sauerkraut	شرائح الكرنب	فى المرحلة المبكرة من المتخمر **Enterobacter cloacae ,** **Erwinia herbicola** فى المرحلة المتوسطة **Leuconostoc mesenteroides** فى المرحلة النهائية **Lactobacillus plantarum**
مخـــللات Pickles	خيـــار زيتـون أخضـر	فى المرحلة المبكرة **Leuc. mesenteroides ,** **Streptococcus faecalis ,** **Pediococcus cerevisiae** فى المرحلة المتوسطة **Lact. brevis, Lact. plantarum** فى المرحلة النهائية **Lact. plantarum**

تابــــع جــدول ٦-٩ :

الغذاء	المادة المستعملة	الميكروبات المسئولة عن التخمر
سيـــــلاج Silage	نباتات خضراء	فى المرحلة المبكـــرة Enterobacter , Coliforms فى المرحلة المتوسطة Leuconostoc , Streptococcus , Lactobacilus فى المرحلة النهائيـــة Lact. brevis , Lact. plantarum
سجــــق Sausage	لحـــــوم أبقار	Pediococcus cerevisiae , Micrococcus spp.

البروتين الميكروبى Single - cell protein (SCP)

تنمى بعض المجهريات ، كالخميرة ، والبكتريا ، والطحالب ، على بعض المخلفات الصناعية ، أو الغذائية ، فنحصل بالطرد المركزى ، والتجفيف ، على منتج غنـــى فى البروتيـــن ، وذلك ، من تلك الخلايا الميكروبية وحيدة الخلايا Single - cell protein (SCP) .

من المخلفات التى تستعمل ، فى إنتاج البروتين الميكروبى ، هيدروكاربونات تكرير البترول ، ومخلفات مصانع الورق والأخشاب (كمخلفات صناعية) ، والمولاس ، وشرش الجبن ، وسائل منقوع الذرة (كنواتج ثانوية لمصانع الأغذية) .

يستعمل البروتين الناتج ، فى سد الإحتياجات الغذائية ، للإنسان والحيوان . وتفضل الخميرة فى إنتاج البروتين ، عن غيرها من الميكروبات، لأن الخميرة ، تستعمل منذ آلاف السنين ، كغذاء ، وفى الخبيز ، دون أن تسبب أضرارا صحية ، عكس غيرها من الميكروبات ، التى قد تنتج بعض المواد الضارة ، التى تقلل من قيمة البروتين الناتج ، أو تضر بالمستهلك .

وتستعمل الخميرة بنجاح ، كعلف للحيوان ، غير أنه نظرا لنقص محتواها البروتينى ، من بعض الأحماض الأمينية الأساسية ، خاصة الكبريتيه، مثل السيستين والميثيونين ، فإن علف الخميرة ، يجب أن يقوى ، بإضافة بعض البروتينات الحيوانية الأخرى ، مثل مسحوق السمك المجفف ، لسد العجز فى تلك الأحماض الأمينية .

والملاحظات التالية ، تشجع على إنتاج البروتين الميكروبى ، إذا ما قارناه بإنتاج البروتين النباتى والحيوانى

١- تنمــو الميكروبات بسرعة ، وتعطى محصولا وفيرا من البروتين ، فى زمن قصير .
وللمقارنة ، فــإن طــن الخميرة ، على سبيل المثال ، يعطى عدة أطنان من البروتين فى اليوم الواحد .
بينما ، يعطــى وزن طــن من الحيوان ، حوالى واحد كيلو بروتين فقط فى اليوم .

٢- نسبة البروتين ، فى الخلايا الميكروبية مرتفعة ، وهى تبلغ حوالى ٥٠٪، من وزن خلايا الخميرة الجافة .

٣- يحتوى البروتين الميكروبى ، الناتج من السلالات الميكروبية المنتخبة ، على أغلب الأحماض الأمينية الأساسية .

٤- بعض أنواع البروتين الميكروبى ، خاصة الناتج من الخميرة ، يحتوى على نسبة مرتفعة من الفيتامينات .

٥- المادة الخام المستعملــة ، كبيئة فى تنمية الميكروبات ، هى مخلفات ، أو نواتج ثانوية لصناعات اخرى .

ورغم المزايا السابقة ، إلا أنه توجد بعض العقبات ، التى تحد من استعمال البروتين الميكروبى فى التغنية ، منها

١- عدم تعود واستساغة المستهلك للبروتين الميكروبى .

٢- إرتفاع نسبة الأحماض النووية بالبروتين الميكروبى ، التى قد تسبب متاعب صحية للمستهلك ، وحصواتا فوسفاتيه بالكلى .

٣- وجـود نقص فى بعض الأحماض الأمينية الأساسية ، خاصة الكبريتية ، بالبروتين الميكروبى .

References

Ayers, J.C.; J.O. Mundt and W.E. Sandine (1980). Microbiology of foods. W.H. Freeman & Co., San. Francisco, USA.
Dack, C.M. (1956). Food poisoning. 3rd Ed., Univ. Chicago Press, Chicago, USA.
Frazier, W.C.and D.C. Westhoff (1978). Food microbiology. 3rd Ed., Mc - Graw Hill, New York.
Mossel, D.A.A.(1982). Microbiology of foods. Univ. Utrecht. Netherlands.

الفصل السابع

ميكروبيولوجيا الألبان

- اللبن الخام كبينة غذائية
- محتوى اللبن من الميكروبات
- تلوث اللبن
- بكتريا حامض اللاكتيك
- أنواع البكيريا الأخرى الموجودة باللبن
- درجات اللبن
- تأثير درجات الحرارة على ميكروبات اللبن
- العمليات التى يتعرض لها اللبن بعد حليبه
  - التبريد
  - البسترة
  - تعقيم اللبن
- فساد اللبن
- الأمراض التى تنتقل عن طريق اللبن
- التسممات الغذائية التى يسببها اللبن
- الألبان المكثفة المحلاة
- اللبن المجفف
- مزارع البادئات
- الألبان المتخمرة
- الجبن
  - الجبن الطرية
  - الجبن النصف جافة
  - الجبن الجافة
- عيوب الجبن
- العدوى المنقولة عن طريق الجبن
- المراجـع

الفصل السابع

ميكروبيولوجيا الألبان
Dairy Microbiology

اللبن الخام (الحليب) كبيئة غذائية

يتكون اللبن بالغدد الثديية بضرع الحيوان . وهو يحتوى على جميع العناصر الغذائية اللازمة للنمو . لذلك ، فهو بيئة غذائية ، صالحة لنمو وتكاثر الكثير من الميكروبات ، حيث يحتوى اللبن ، فى المتوسط ، على ٨٧,- ٪ ماء ، ٥,- ٪ سكر لاكتوز ، ٣,- ٪ بروتين (كالكازين والألبيومين)، ٣,٥٪ دهن ، بالإضافة إلى حوالى ١,-٪ أملاح معدنية ، وبعض الفيتامينات مثل A , D , E , K & B , C ، والإنزيمات مثل ، الكاتاليز واللايبيز والفوسفاتيز ، واللبن متعادل التأثير ، ذو pH حوالى ٦,٧ .

محتوى اللبن من الميكروبات

يكون اللبن المتكون بضرع الحيوان السليم ، خاليا من الميكروبات . ويبدأ تلوث اللبن عند خروجه من الضرع ، من قناة الحلمة Teat canal ، حيث يتسرب إلى اللبن ، عدد من الميكروبات من فتحة الحلمة ، تتراوح من عدة مئات ، إلى عدة آلاف/ مل لبن ، وهى ميكروبات غير مرضية ، أغلبها تابع للأنواع التالية

Micrococcus , Streptococcus , Corynebacterium bovis

لذلك ، ينصح بإستبعاد الكميات الأولى من عملية الحليب ، عن اللبن الناتج ، وذلك لتقليل محتوى اللبن من الميكروبات .

أما اذا كان الحيوان مريضا ، أو مصابا بالتهاب الضرع ، فإن عدد الميكروبات باللبن المنتج ، يزيد كثيرا عن ذلك ، وقد يحتوى على ميكروبات مرضية .

تلــــوث اللبن

بعد نزول اللبن من الضرع ، يتعرض للتلوث بكثير من الميكروبات ، من بكتريا وخمائر وفطريات ، وذلك ، منذ حلبه حتى استهلاكه . ويتوقف نوع ، وعدد الميكروبات الملوثة ، علي ظروف الحيوان ، طريقة الحليب ، جو الإسطبل ومدى نظافته ، الأدوات والأوانى المستعملة ، الحلابين ، متداولى اللبن ، وطرق المعاملة والتخزين عقب الحليب .

من ذلك نجد ، أن اللبن عرضة للتلوث ، والفساد بالميكروبات . ويعتمد إنتاج اللبن الجيد ، على منع هذا التلوث ، أو على الأقل الحد منه ، فجودة اللبن المنتج ، تتوقف على ظروف إنتاجه ، وعدد ما يحتويه من ميكروبات .

أنواع البكتريا الموجودة باللبن الحليب

أهم أنواع البكتريا الموجودة باللبن الحليب ، هى : بكتريا حامض اللاكتيك ، بكتريا مجموعة القولون ، الأنواع المحللة للدهون والبروتين ، والكلوستريديوم . وتصل هذه الميكروبات إلى اللبن ، من جلد الحيوان ، والأتربة ، والأعـــلاف ، والروث ، والمياه الملوثة بالمجارى ، والأوانى .

وتحت ظروف خاصة ، قد تصل البكتريا المرضية إلى اللبن ، حيث تنمو وتتكاثر بسرعة ، على درجة ٣٠ - ٤٠°م ، وتسبب للمستهلك متاعب صحية ، بالجهاز الهضمى ، والتنفسى .

بكتريا حامض اللاكتيك

بكتريا حامض اللاكتيك ، موجبة لصبغة جرام ، غير متجرثمة ، غير متحركة ، سالبه لإختبار الكاتاليز ، تحتاج فى نموها لكميات قليلة من الأكسجين ، واحتياجاتها الغذائية معقدة .

من هذه البكتريا ، مايتبع أجناس Leuconostoc و Streptococcus ، وأفراد هذه الأجناس ، كروية الشكل ، توجد فى أزواج أو سلاسل .

ومن هذه البكتريا ، مايتبع جنس Lactobacillus ، وأفراد هذا الجنس عصوية الشكل ، غالبا فى سلاسل .

تحلل بكتريا حامض اللاكتيك ، سكر اللاكتوز ، وتحوله إلى حامض لاكتيك ، وهو حامض غير متطاير ، ذو ثلاث ذرات كربون ، وقد يسمى α - hydroxy propionic acid ، ويتكون حسب المعادلة العامة التالية

$$\underset{\text{Lactose}}{C_{12}H_{22}O_{11}} + H_2O \xrightarrow{\text{Lactase}} \underset{\text{glucose}}{C_6H_{12}O_6} + \underset{\text{galactose}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow[\text{Pathways}]{\text{metabolic}}$$

$$\longrightarrow \underset{\text{Pyruvic}}{CH_3 - CO - COOH} \xrightarrow[\text{NADH , } H^+]{\text{Dehydrogenase}} \underset{\text{Lactic}}{CH_3 - CHOH - COOH}$$

قد تكون بكتريا حامض اللاكتيك ، متجانسة التخمر Homo-fermentative ، مثل كل الأنواع التابعة لجنس Streptococcus . وفى هذه الحالة ، فإن الناتج النهائي من تحليل سكر اللاكتوز ، هو حامض اللاكتيك، حيث يتحول أكثر من ٩٠٪ من سكر اللاكتوز ، إلى حامض لاكتيك.

وقد تكون البكتريا خليطة التخمر Hetero-fermentative ، كبعض الأنواع التابعة لجنس Lactobacillus ، مثل L. fermenti , L. brevis . وفى هذه الحالة ، فإنه بالإضافة إلى حامض اللاكتيك المتكون ، فإن هذه البكتريا تكون من سكر اللاكتوز ، كمياتا محسوسة أيضا من الأحماض ، كالخليك ، والكحولات ، كالإيثانول ، وغازات ، مثل ثانى أكسيد الكربون ، وبعض المكونات الأخرى .

التقسيم السيرولوجى والفسيولوجى لبكتريا جنس Streptococcus

تفرز بكتريا Streptococcus ، سكريات معقدة ، وبروتينات ، تختلف باختلاف الأنواع المختلفة . وقد اتخذت Lancefield, 1933 ، هذه الإختلافات كأساس للتقسيم السيرولوجى ، للتمييز بين الأنواع التابعة لجنس Streptococcus ، وبذلك ، قسمتها إلى ١٣ مجموعة ، رتبت تبعا للحروف الأبجدية A , B , C ... O (جدول ٧ - ١) .

جـدول ٧-١ : مميزات جنس Streptococcus

المجموعة الفسيولوجية (Sherman, 1937)	اسم الميكروب	تحليل الدم	النمو عند درجة (°م) ١٠	النمو عند درجة (°م) ٤٥	المجموعة السيريولوجية (Lancefield, 1933)	ملاحظات
القيحية Pyogenic	S. agalactiae	بيتا	–	–	B	غير ممرضة للإنسان ، ممرضة للحيوان
	S. pyogenes	بيتا	–	–	A , E , F , G	ممرضة للإنسان والحيوان
المحبة للحرارة Viridans	S. thermophilus	الفا	–	+	D	تستعمل فى الصناعات اللبنية ، وبعضها يفسد اللبن
	S. bovis	الفا	–	+	D	تلوث اللبن من لعاب البقرة، والأسمدة والروث
اللبنية Lactic	S. lactis	غير محلله للدم	+	–	N	مهمة فى الألبان ، تنتج Nisin
	S. cremoris	غير محلله للدم	+	–	N	مهمة فى الألبان ، لاتنتج Nisin
المعوية Enterococci	S. faecalis	الفا ، بيتا	+	+	D	تسبب فساد اللبن
	S. durans	الفا ، بيتا	+	+	D	تسبب فساد اللبن

أما بالنسبة للتقسيم الفسيولوجى ، لأنواع هذا الجنس ، فإن ذلك ، يعتمد على مجموعة من الإختبارات ، اهمها القدرة على النمو عند درجة ١٠°م و ٤٥°م ، وتحليل كرات الدم الحمراء Blood hemolysis فى بيئة آجار الدم ، بالإضافة إلى مجموعة من الإختبارات الأخرى .

وعلى أساس هذه الإختبارات، (جدول ٧-١)، قام Sherman et al, 1937، بتقسيم أفراد جنس Streptococcus ، إلى أربعة مجموعات ، هى

Pyogenic , Viridans , Lactic , Enterococci

بكتريا حامض اللاكتيك السائدة باللبن

تحت الظروف العادية ، فإن الأنواع المتجانسة التخمر ، هى التى تسود باللبن ، وهى المسئولة عن حموضة اللبن ، وعن صناعة المنتجات اللبنية ، ويستطيع أغلبها النمو ما بين ١٠ إلى ٥٠°م .

من أنواع بكتريا حامض اللاكتيك ، متجانسة التخمر ، الهامة فى الألبان (جدول ٧-٢ ، وشكل ٧-١)

S. cremoris , S. lactis (Lancefield group N)

S. thermophilus (Lancefield group D)

L. acidophilus , L. bulgaricus , L. casei

بكتريا جنس Leuconostoc

البكتريا التابعة لهذا الجنس ، كروية ، فى أزواج أو سلاسل ، موجبة لصبغة جرام ، غير متجرثمة ، غير متحركة ، سالبة لإختبار الكاتاليز ، وهى تعتبر من بكتريا حامض اللاكتيك ، خليطة التخمر .

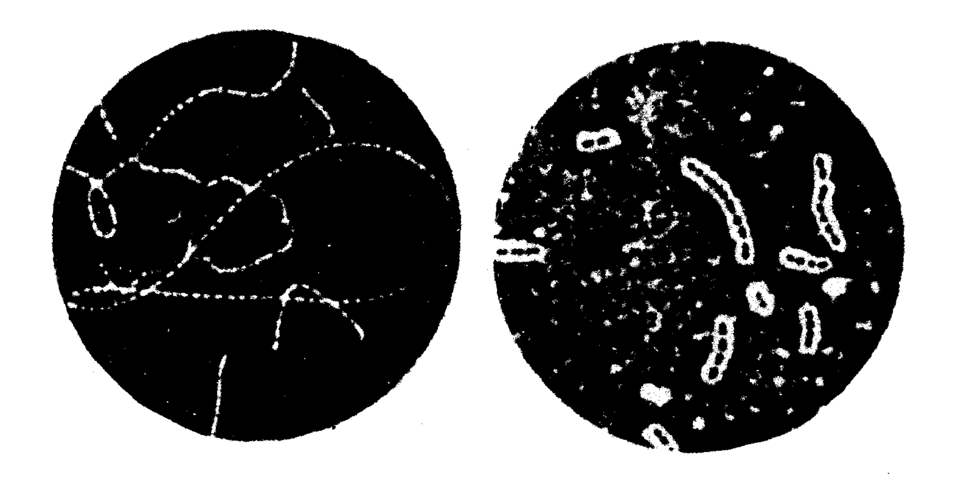
وهى ، تخمر حامض الستريك الموجود باللبن ، فتتكون بذلك ، المواد المكسبة للطعم والنكهه ، بالمنتجات اللبنية ، ولذلك تسمى بكتريا اللوكونوستك ، بالبكتريا المنتجة للنكهة Aroma - producing bacteria . وفى بعض الحالات قد تسبب هذه البكتريا لزوجة فى اللبن .

ومن أهم أفراد هذا الجنس ، فى الصناعات اللبنية

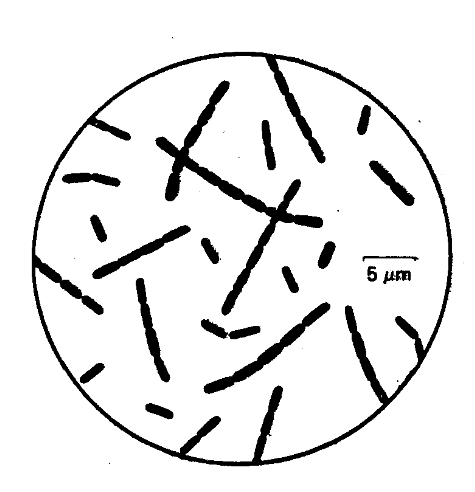
Leuc. citrovorum , Leuc. dextranicum

جـــدول ٧-٢ : مميزات جنس Lactobacillus

المجمـــــــوعة	اسم الميكروب	الحموضة التى تكونها باللبن %	تحمل NaCl %	درجة حرارة النمو م°		
				صغرى	مثلى	عظمى
متجانسة التخمر ، تنمو على درجات حرارة مرتفعة	L. acidophilus	أكثر من ٢,-	٢,٥	٢٢	٤٠	٥٠
	L. bulgaricus	٢,- - ٢,٨	٢,٥	٢٢	٤٥-٥٠	٦٠
	L. lactis	١,٥ - ١,٨	—	٢٢	٤٠	٥٢
(هامة فى الصناعات اللبنية)	L. thermophilus	٠,٢٥	٢,٥	٣٠	٥٠-٦٠	٦٥
متجانسة التخمر ، تنمو على درجات حرارة منخفضة	L. casei	١,١ - ١,٥	٥,-	١٠	٣٠	٤٥
(هامة فىالصناعات اللبنية)	L. plantarum	١,- - ١,٦	٥,-	١٠	٣٠	٤٠
خليطة التخمر	L. brevis	٠,٤ - ٠,٧	٥,-	١٥	٣٠	٣٨
غير هامة فى الصناعت اللبنية، ولكنها مهمة فى صناعات تخميرية أخرى كالمخللات والسيلاج	L. fermenti	قليل	٥,-	١٥	٤١	٥٠



A. Streptococcus lactis B. Streptococcus cremoris



C. Lactobocillus sp.

شكـــل ٧-١ : أنـــواع بكتـــريـــا حـــامض اللاكتيك الهامة فى الألبان .

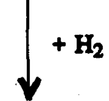
A. Streptococcus lactis B. Streptococcus cremoris C. Lactobocillus sp.

وتعتبر نواتج تخمر حامض الستريك ، المتكونة بتأثير بكتريا اللوكونوستوك ، هي المسئولة عن الطعـم ، والنكهه ، الموجودة بالمنتج اللبنى . ومن هذه المواد ، الداى أسيتايل ، والأسيتوين (أسيتل ميثل كربينول)، و ٢ ، ٣ بيوتيلين جليكول ، وبعض الأحماض الطيارة كالخليك والبروبيونيك ، وغاز ثانى أكسيد الكربون .

لاتستطيع بكتريا Leuconostoc إنتاج النكهة المطلوبة ، إلا اذا توفر بالوسط الحموضة الكافية . ويوفر هذه الحموضة ، بكتريا حامض اللاكتيك مثل S. cremoris , S. lactis الموجودة بالبادىء ، التى تنمو بسرعة ، وتكون حامض اللاكتيك . وعند وصول pH اللبن إلى أقل من ٤,٥ ، يقف نمو بكتريا Leuconostoc ، ولكن تنشط إنزيماتها وتحلل حامض الستريك ، الموجود أصلا باللبن عند حليبه ، وبذلك تتكون المواد المكسبة للطعم ، والنكهه ، حسب المعادلة العامة التالية

$$\underset{\text{Citric}}{OH-C(CH_2-COOH)_2-COOH} \longrightarrow \underset{\text{Pyruvic}}{CH_3-CO-COOH} \; \dots \dots \dots \longrightarrow \underset{\text{Acetaldehyde}}{CH_3-CHO}$$

$$CH_3-CHO \xrightarrow[\text{Aerobic } (+O_2)]{\text{Acid medium}} \underset{\text{Diacetyl}}{CH_3-CO-CO-CH_3}$$



$$CH_3-CHO \xrightarrow[\text{Anaerobic (NADH , } H^+)]{\text{Acid medium}} \underset{\text{Acetyl methyl carbinol (Acetoin)}}{CH_3-CO-CHOH-CH_3} \longrightarrow \underset{\text{2, 3 butylene glycol}}{CH_3-CHOH-CHOH-CH_3}$$

من أنواع البكتريا الأخرى الموجوده باللبن الحليب

- بكتريا القولون Coliforms

هذه البكتريا ، عصوية ، قصيرة مفردة ، سالبة لصبغة جرام ، غير متجرثمة ، متحركة ، إختيارية للهواء . من أهم أفرادها

Escherichia coli , Enterobacter aerogenes

وهى تحلل سكر اللاكتوز ، وتكون أحماضا ، مثل اللاكتيك ، والخليك ، والفورميك ، وغازاتا ، مثل CO_2 , H_2 . وبكتريا E. coli تكون حامضا أكثر، وغازاتا ، أقل ، من Enterobacter .

تصل بكتريا القولون إلى اللبن ، عن طريق الأوعية ، والروث ، والأعلاف ، والأتربة . ووجود بكتريا القولون فى اللبن ، أو فى منتجاته ، غير مرغوب فيه . فوجودها ، دليل على الإهمال فى الإنتاج ، وعدم مراعاه للظروف الصحية .

وتسبب بكتريا القولون ، بعض العيوب فى اللبن ومنتجاته ، بالاضافة إلى أنها تكون غازاتا ، وروائح غير مقبولة قذرة ، وطعما مرا لتكون حامض الفورميك . كما أن وجود بكتريا القولون ، فى اللبن المبستر أو فى منتجاته، يؤخذ كدليل على تلوث اللبن بعد البسترة .

- جنس Clostridium

هذه البكتريا ، عصوية ، متجرثمة ، موجبة لصبغة جرام ، لاهوائية، منها المحلل للبروتينات ، ومنها المحلل للسكريات .

الأنواع المحللة للبروتينات ، تنتج باللبن طعما ، وروائح غير مرغوب فيها . أما المحلله للسكريات ، فإنها تحلل سكر اللاكتوز ، وتكون أحماضا، وغازاتا (CO_2 , H_2) ، وقد تكون كمية الغازات المتكونه كبيرة ، لدرجة أن الغاز الناتج ، يجزىء الخثرة إلى قطع صغيرة ، مسببا تخمرا عاصفيا .

ومصدر هذه الميكروبات ، الروث ، والسماد العضوى ، والأتربة .

درجـــات اللبـــن Milk grades

يشترط فى اللبن الجيد ، أن يكون ذا قيمة غذائية عالية ، وقوة حفظ Keeping quality جيدة ، وله طعم ورائحة مرغوبة ، وأن يكون نظيفا ، مأمونا للشرب ، وتتخذ الأعداد العالية من البكتريا الموجودة باللبن ، كدليل على سوء الإنتاج والتداول ، واحتمال التلوث بميكروبات مرضية .

يقدر عدد البكتريا الموجودة باللبن ، بطريقة الأطباق ، وهى الأكثر شيوعا ، أو بطريقة العد المباشر بالميكروسكوب ، أو بشريحة بريد Breed ، أو بسرعة تكون الحامض ، أو بإختبارات الإختزال ، للون دليل أزرق المثيلين، من الأزرق إلى عديم اللون ، أو صبغة الريزازورين Resazurin ، وهنا يزول لون الصبغة تدريجيا بالإختزال ، من الأزرق ، إلى البنفسجى ، إلى الوردى ، إلى عديم اللون .

وعلى أساس عدد الميكروبات الموجودة باللبن ، يقسم اللبن إلى درجـات (جدول ٧-٣) ، على أن يكون اللبن ، فى جميع الأحوال ، خاليا من الميكروبات المرضية .

جـــدول ٧-٣ : درجـــات اللبن

الدرجـــة	العدد الكلى للبكتريا/ مل لبن لايزيـــد عن		عدد بكتريا القولون/ مل لبن لايزيـــد عن
	اللبن الخام	اللبن المبستر	
أ	٢٠٠٬٠٠٠	٣٠٬٠٠٠	١ - ٥
ب	١٬٠٠٠٬٠٠٠	٥٠٬٠٠٠	١٠
جـ	بدون تحديد	بدون تحديد	بدون تحديد

ومن العوامـل التى تؤثر على جـودة اللبن

المضـادات الحيـوية

يستعمل الكثير من المضادات الحيوية ، كالبنسلين والإستربتوميسين والأوروميسين ، وغيرها ، فى علاج الحيوانات المريضة ، أو المصابة بالتهاب الضـرع ، وتفرز كمياتا من هذه المضادات ، فى اللبن الناتج من الحيوان المعالج . ووجـود هذه المضادات باللبن (أكثر من ٠,٠٥ وحدة دولية من البنسلين / مل لبن ، وذلك فى حالة البنسلين ، كمثال) ، يسبب متاعب عندما يستخدم هذا اللبن فى صناعة الألبان المتخمرة ، والجبن ، حيث ان هذه المضادات ، تثبط نمو البكتريا المستخدمة كبادئات ، فى صناعة المنتجات اللبنية .
لذلك ، فإنه ينصح بعدم استخدام اللبن الناتج من الحيوانات المعالجة بالمضادات ، خلال ٣ أيام ، بعد إعطاء آخر حقنه للحيوان .

وبالإضافة إلى ذلك ، فإن وجود المضادات باللبن ، غير مرغوب فيه، لما يسببه ذلك اللبن ، من حساسية للمستهلك ، وما يكونه من سلالات ميكروبية منيعه للمضادات .
ولهذا ، فإن كثيرا من الدول ، تحرم إستعمال المضادات ، كمادة حافظة فى اللبن .

ولايوجـد حتى الان ، إختبار سريع ، للكشف عن المضادات الحيوية باللبن . والإختبار المستعمل ، يعتمد على حساسية بكتريا S. thermophilus للمضادات الحيوية .
ولإجراء الإختبار ، يلقح اللبن ، بمزرعة نشطة من تلك البكتريا ، مع دليل الريزازورين ، ثم التحضين لمدة ٤٥ دقيقة . وفى حالة وجود مضادات حيوية باللبن ، يقف نمو ميكروب الإختبار ، فلا يحدث إختزال للون الصبغة، خـلال فترة التحضين .

البكتـريوفـاج

تلوث الألبان ، أو مزارع البادئات ، المستخدمة فى صناعة المنتجات اللبنية ، بالفاجات المحللة لها ، أمر غير مرغوب فيه ، ويأتى التلوث من الهواء والتربة ، فى معامل الألبان .

لذلك ، فإنــه يجب تجنب تلوث مزارع البادئات اللبنية ، عند إعدادها، وتداولها ، واستعمالها . ومن المفضل ، إستعمال مرشحات الألياف الزجاجية Fiber glass ، لحجز الفاجات من الهواء ، الداخل إلى معامل تحضير البادئات، ومعامل الألبان .

تأثير درجات الحرارة على ميكروبات اللبن

الميكروبات التى تتواجد باللبن ، ذات إحتياجات حرارية مختلفة . فمنها المحب للبرودة ، الذى يستطيع النمو قرب الصفر المئوى ، ومنها المحب للحرارة المتوسطة ، الذى يسود على درجة حرارة الغرفة ، ومنها المحب للحرارة المرتفعة ، حيث يستطيع النمو على درجات حرارة أعلى من ٦٥°م ، ومنها المقاوم للحرارة ، أى يعيش بعد البسترة .

لذلك ، فإن التغيــــرات التى تحدث باللبن فى : اللون ، والطعم ، والقوام ، والتركيب ، تتوقف على الظروف المحيطة باللبن ، خاصة درجات الحرارة . فدرجة الحرارة ، وطول المدة التى يحفظ عندها اللبن ، تؤثر على نوع ، وعــدد الميكروبات ، الموجوده به ، وبالتالى على نوع الفساد الناتج (جــدول ٧-٤) .

ويــــلاحـظ أنـــه

- عند درجات الحرارة المنخفضة ، يقف نشاط البكتريا المنتجة للأحماض ، وتنشط البكتريا المحللة للبروتين .

- وعنـــد درجـــات الحـــرارة المتوسطة ، تنشط البكتريا المنتجة للأحماض ، ويقل نشاط البكتريا المحللة للدهون والبروتين .

- وفى درجـــات الحــــرارة العالية ، أو عند غلى اللبن ، تموت البكتريا المنتجة للأحمــاض ، وتبقى جـــراثيم البكتريا التى تنمو وتنشط ، وتحلل البروتين .

جـدول ٧-٤ : تأثير درجات الحرارة المختلفة على البكتريا السائدة باللبن الخام

درجة حرارة الحفظ °م	التغير فى أعداد الميكروبات	أنواع الميكروبات السائدة ومظهر التغير باللبن
١ - ٤	إنخفـاض بطىء فى الأعداد خـلال الأيـام الأولـى ، يعقبه زيادة تدريجية بعد ٧-١٠ أيـام	**Alcaligenes , Flavobacterium , Pseudomonas** مع حدوث تغير فى الطعم
٤ - ١٠	تغير طفيف فى الأعداد خلال الأيـام الأولـى ، يعقبه زيـادة سريعـة فى الأعداد ، وتصل إلى أعـداد كبيرة خـلال ٧-١٠ أيام	البكتريـا السابقة المحبة للبـرودة . مع حـدوث : تلـون ، مخاطية ، تجبن حامضى، تحـلل بروتينى
١٠ - ٢٠	زيـادة سريعة فى الأعـداد ، وتصل لأعـداد كبيرة خـلال بضعة أيام ، أو أقل	أساسا الأنـواع المنتجة للحمـوضة مـن بكتريا حامض اللاكتيك الكروية (ستربتـوكـوكـاى) مع حـدوث حمـوضـة
٢٠ - ٣٠	إرتفـاع كبير فى الأعـداد خـلال ساعـات	بكتريا حامض اللاكتيك الكروية، بكتريا القولون، البكتريا المحبة للحـرارة المتوسطـة . مع حـدوث حموضـة ، غـازات ، تغير فى الطعم

تــابع جــــدول ٧-٤ :

درجة حرارة الحفظ °م	التغير فى أعداد الميكروبات	أنواع الميكروبات السائدة ومظهر التغير باللبن
٣٠ - ٣٧	إرتفـــاع كبير فى الأعــداد خــلال ساعـــات	سيادة بكتريا القولون مع حدوث تجبن حامضى، روائـــح قذرة ، وطعم مر
٣٧ - ٥٠	إرتفـــاع كبير فى الأعــداد خـــلال ساعـــات	ســيـــادة بكتريـــا حامض اللاكتيـــــك التى تستطيع النمو على درجات حرارة مرتفعـــة مثـــل : S. faecalis , S. thermophilus L. bulgaricus , L. thermophilus مع حدوث تجبن حامضى
٥٠ - ٦٠ وأكثر	إرتفـــاع كبير فى الأعــداد خـــلال ساعـــات	الميكروبــــــات المحبــة للحرارة المرتفعة مثل : B. coagulans , B. stearothermophilus مـــع حـــدوث تغيـــر فى الطعـــم ، تكون حموضة ، وتجبـــن حـــــامضى أو إنزيمى

العمليات التى يتعرض لها اللبن بعد حليبه

التبريد Cooling

عقب الحليب ، يبرد اللبن مباشرة إلى درجة ٤-١٠°م ، لإيقاف نمو وتكاثر الميكروبات الموجودة به ، ويجب المحافظة على هذه الدرجة ، عند نقل اللبن ، وتداوله ، وتخزينة للإستهلاك ، أو التصنيع .

البسترة Pasteurization

تعتبر البسترة ، من طرق حفظ اللبن المناسبة ، لأنها تحافظ على مكوناته الغذائية ، خاصة الفيتامينات والكالسيوم ، ولا تؤدى إلى تغير يذكر فى طعمه ، أو مظهره .

وتتم البسترة ، بتسخين اللبن لدرجة حرارة أقل من الغليان ، حيث يتم القضاء على ٩٠ - ٩٩٪ ، من البكتريا الحية الموجودة به ، ويتضمن ذلك ، القضاء على أغلب الميكروبات المفسدة ، وكل الميكروبات المرضية ، التى من بينها ميكروب السل ، وهو من أشد الميكروبات المرضية غير المتجرثمة ، الموجودة باللبن ، مقاومة للحرارة ، حيث يموت بتعرضه لدرجة حرارة ٦١,١°م ، لمدة ١٠ دقائق .

وقد لوحظ أخيرا ، أن الريكتسيا المسماه Coxiella burnetii ، المسببه لمرض Query fever (Q-fever) ، تنتقل أيضا عن طريق اللبن . وهذه الريكتسيا أكثر مقاومة للحرارة من بكتريا السل ، حيث تموت عند درجة ٦١,٧°م لمدة ٣٠ دقيقة . لذلك عدلت معاملة البسترة البطيئة ، من ٦١,٧°م لمدة ٣٠ دقيقة ، إلى ٦٢,٨°م لمدة ٣٠ دقيقة .

للبسترة طريقتان :

البطيئة Low Temperature Holding Method, LTHM ،
وفيها يعامل اللبن ، على درجة ٦٢,٨°م لمدة ٣٠ دقيقة .

والبسترة السريعة High Temperature Short Time Method, HTST ،
وفيها يعامل اللبن ، على درجة ٧١,٧°م لمدة ١٥ ثانية .

عقب البسترة ، يبرد اللبن إلى درجة ٥°م ، ثم يعبأ فى زجاجات معقمة نظيفة ، ويمكن حفظه لمدة اسبوع على هذه الدرجة المنخفضة (٥°م) ، حيث يقف نشاط الميكروبات التى نجت بعد البسترة . ويجب المحافظة على اللبن المبستر من إعادة تلوثه ، من العمال ، أو الأوانى ، أو الذباب .

ومن أهم الميكروبات المفسدة للبن المبستر ، المحفوظ على درجة حرارة منخفضة ، هى البكتريا المحبة للبرودة .

يتبقى بعد البسترة ، البكتريا المقاومة للحرارة Thermodurics والبكتريا المحبه للحرارة المرتفعة ، والبكتريا المتجرثمة .

ومن أمثلة أنواع البكتريا ، التى تتبقى بعد البسترة

1- Thermoduric lactics , e.g.

   S. cremoris , S. faecalis , S. thermophilus

   L. bulgaricus , L. thermophilus

2- Thermoduric micrococci , e.g.

   M. luteus , M. varians

3- Microbacterium lacticum

4- Sporeformers , e.g. Bacillus , Clostridium

إختبار الفوسفاتيز Phosphatase test

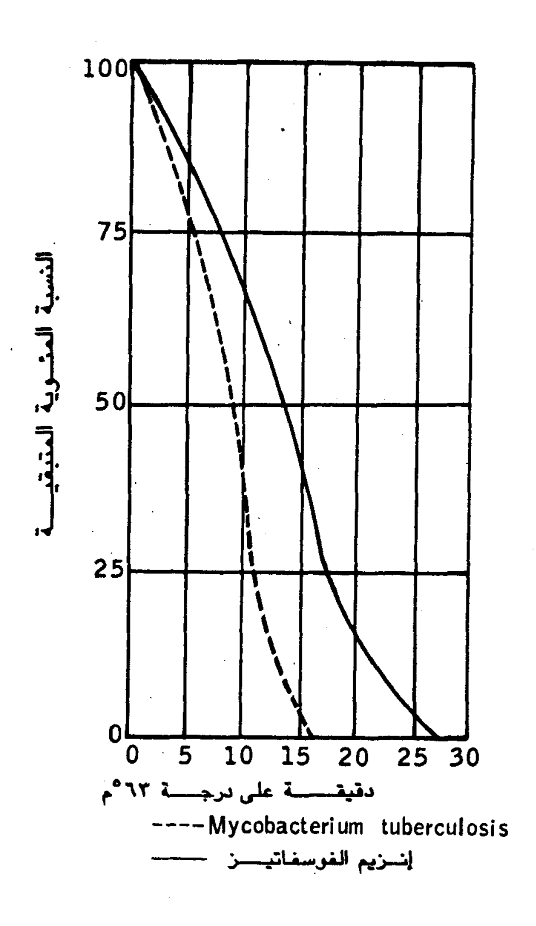
يوجد إنزيم الفوسفاتيز ، فى اللبن الخام وفى كثير من الأنسجة ، وهو لايوجد فى اللبن المبستر ، لأنه يتلف بالبسترة . لذلك يؤخذ إختبار إنزيم الفوسفاتيز ، كدليل على مدى كفاءة عملية البسترة ، وخلو اللبن من الميكروبات المرضية (شكل ٧-٢) .

لإجراء الإختبار ، يضاف جزء من اللبن المراد إختباره ، إلى مادة فوسفاتية هى داى صوديوم فينيل فوسفات ، ومحلول منظم من بورات الصوديوم $Na_2B_4O_7 - 10H_2O$ مع صودا كاوية . ويحضن الخليط على درجة ٤٠°م لمدة ١٥ دقيقة .

اذا كان الإنــزيم موجــودا ، فإنه يحلل المادة الفوسفاتية ، وينفرد منهـــا الفوسفات ، والفينول ، حسب المعادلة

Di sodium phenyl phosphate + Phosphatase ——————> Sodium Phosphate + Phenol

(Substrate) (الإنزيم من اللبن)



شكل ٧-٢ : تأثير بسترة اللبن لفترات على درجة ٦٣°م ، على البكتريا المرضية (ممثلة ببكتريا السل) وإنزيم الفوسفاتيز .
لاحـــظ أنه فى جميع الفترات ، يكون موت البكتريا أسرع من تلف الإنزيم

يكشف عن الفينول المتكون بدليل 2,6 di chloro quinone chloro imide , CQC ، فى وجود كبريتات النحاسيك $Cu\ SO_4$ كعامل مساعد . فإذا تكون لون أزرق من الإندوفينول Endo phenol ، دل ذلك على وجود إنزيم الفوسفاتيز ، وبالتالى يدل على عدم كفاءة عملية البسترة . ويمكن استخلاص اللون الأزرق بواسطة كحول البيوتانول ، ومقارنة درجة اللون المتحصل عليها ، مع ألوان قياسية .

إختبـــار بكتريا القولـــون

توجد بكتريا القولون عادة ، فى اللبن قبل البسترة ، ومصدرها الأوانى ، والأعـــلاف ، والتربة ، والأسمدة العضوية ، والمياه الملوثة . ولايعتبر وجودها باللبن بالضرورة ، دليلا على التلوث بالمواد البرازية ، لأن مصدرها الرئيسى فى اللبن هو الأوانى ، والأعـــلاف .

وتقتل بكتريا القولـــون بالبسترة ، ويكشف عن وجودها بالطرق المتبعه ، فى فحص مياه الشرب ، السابق ذكرها فى الفصل الثالث .

يعنى وجود بكتريا القولون باللبن المبستر ، عدم كفاءة البسترة . ولكن عادة ، ما تختبر كفاءة البسترة ، بإجراء إختبار إنزيم الفوسفاتيز ، لسهولة وسرعة الحصول على نتائجه . وإذا كان اختبار إنزيم الفوسفاتيز سالبا ، فإن وجود بكتريا القولون ، فى اللبن المبستر ، يدل على حدوث تلوث بعد البسترة ، من الأجهـــزة والأوانى ، أو من متداولى اللبن ، وعدم الإهتمام بالنظافة ، أو من إضافة لبن غير مبستر . هذا بالإضافة ، إلى أن وجود بكتريا القولون فى اللبن ، المعد لصناعة الجبن ، يحدث تغيرات غير مرغوب فيها ، فى الطعم ، والرائحة ، وحدوث حموضة ، وتخمر غـــازى .

تعقيـــم اللبن Sterilization

تسبب الميكروبات المتجرثمة الموجودة باللبن ، تغيرا فى الطعم ، والحمـــوضة ، والتركيب ، مما يسبب مشاكل عديدة فى الصناعات اللبنية ، لذلك ، يلجأ المنتج لتعقيم اللبن ، تعقيما تجاريا .

ويعتبر التعقيم ، من معاملات حفظ اللبن ، التى يعامل فيها اللبن ، بدرجة حرارة أعلى من الغليان ، للتخلص من كل الميكروبات الخضرية ، وأغلب البكتريا المتجرثمة ، وإن كان يتبقى بعض الجراثيم ، غير القادرة على النمو، تحت ظروف التخزين العادية ، مثل B. stearothermophilus , B. coagulans.

يوجـــــد معاملتان لتعقيم اللبن

١- المعاملة على درجة ١١٠ - ١٢٠°م ، لمدة تتراوح بين ١٠ - ٢٠ دقيقة، وذلك بعد التعبئـــة فى عبـوات مناسبة ، كالزجاج أو العلب المعدنية. ويطلق على الناتج ، لبن معقم Sterilized milk .

٢- المعـــاملة على درجة ١٣٥ - ١٥٠°م ، لمدة تتراوح بين ٢ - ١٥ ثانية، وذلك قبـل التعبئة ، التى تتـم فى ظـــروف كاملة التعقيم . ويطلق على النـــاتج ، لبن معـــامل بدرجـــات حـــرارة شديـــدة الإرتفـــاع Ultra High Temperature milk (UHT milk) .

يعادل اللبن المعقم ، فى قيمته الغذائية ، اللبن المبستر ، ولكن يمتاز عنه ، بعدم الحاجة إلى الحفظ بالتبريد بعد المعاملة ، كما أن مدة حفظة أطول بكثير من اللبن المبستر ، تصل لعدة شهور ، على درجة حرارة الغرفة.

وتختبر كفـــاءة التعقيم ، بتحضين العينـــة على درجـــة ٣٢°م لمدة ١٤ يومـــا ، والتحضين على درجـــة ٥٥°م لمدة ٧ أيام . وعـــدم زيادة pH العينة ، بعد التحضين ، بأكثر من ٠,٢ درجة pH ، يدل على كفاءة التعقيم.

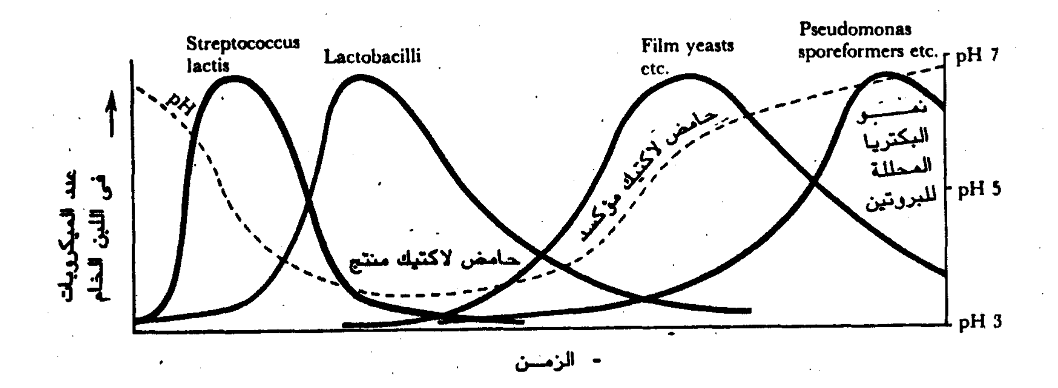
فســــاد اللبن

يرجـــع الفساد البكتريولوجى باللبن ، إلى نمو البكتريا ونشاطها ، وتجمع نواتج عمليات التمثيل التى تقوم بها ، مما يسبب حدوث الفساد ، بمظاهره المختلفة .

حمـــوضـــة اللبن Souring

تبلغ حموضة اللبن عند حليبه ، حوالى ٠,١ - ٠,٢٪ ، وهذه أغلبها حامض ستريك . ويحدث باللبن تخمرات عديدة ، وأهمها تحول سكر اللاكتوز إلى حامض لاكتيك ، بتأثير أنواع مختلفة من الميكروبات .

فـــإذا ماتـــرك اللبن بعـــد حليبـــه ، على درجـــة حـــرارة الغرفة (شكل ٧-٣) ، فإن البكتريا المسببه للحموضة ، تنمو أسرع من غيرها وتسود ، وتحـــول سكر اللاكتـــوز إلى حـــامض لاكتيك . ويتجمع الحامض



شكل ٧-٣ : التغير فى أعداد وأنواع الأحياء الدقيقة فى اللبن الخام المتروك على درجة حرارة الغرفة لفترة من الزمن
لاحـظ زيادة الحموضة (إنخفاض تركيز أيون الإيدروجين) ، فى البداية ، أثنـاء تخمر سكر اللاكتوز ، ثم نقص الحموضة أخيـرا ، لتمثيل حـامض اللاكتيك ، وتجمع النواتج القلوية من تحلل الكازين

تدريجيـا ، إلى أن تصل حموضة اللبن إلى ٠,٥ - ٠,٦٪ (مقدرة كحامض لاكتيك) ، فيتجبن اللبن Curdle ، ويحـدث هـذا التجبن الحامضى Acid coagulation عند pH ٤,٦ - ٤,٨.

وفى عمليـة تطـور الحموضة باللبن (جـدول ٧-٥) ، تنشط أولا S. lactis ، ثم يساعد على تطور الحموضة ، نشاط الأنواع الكروية الأخرى وبكتريا القولون ، وتتراكم الحموضة حتى تصل إلى ١,-٪ ، مقدرة كحامض لاكتيك (حوالى pH ٤,٣) . ثم تتكاثر الأنواع التى تتحمل الحموضة العالية من جنس Lactobacillus ، وتزداد الحموضة حتى تصل إلى ٢,-٪ ، أو اكثر.

جـــدول ٧-٥ : حموضـــــة اللبن

أهم الميكروبات المسببة	مصـــدر الميكروبات	مـادة التفاعل والنواتج النهائية
Streptococcus, e.g. S. lactis, S. cremoris بكتريا متجانسة التخمر	أوعيـــة اللبـــن ، والأعـــلاف	تخمر سكر اللاكتوز ، وتكون حامض لاكتيك
Micrococcus , e.g. M. luteus , M. varians بكتريا تتحمــل حــرارة البسترة	الغـــدد الثـديية بالحيوان ، وأوعيــة اللبــن	تخمــر اللاكتـــوز لأحمــاض عضوية ، وهى بكتريا محلله أيضا للبروتين
Coliforms , e.g. E. coli Enterobacter aerogenes بكتريا خليطــه التخمر	الأوعية ، الأعــلاف، التــربة ، الأسمـدة العضويــة ، الميــاه الملــوثــة	تخمـــر اللاكتــوز إلى حامض لاكتيك ، ونواتج أخـــرى
Microbacterium lacticum تتحمل حرارة ٨٠-٨٥°م لمدة ١٠ دقائق	الأوعيــة ، الأسمـــدة العضويـــة	تخمر اللاكتوز تخمرا مختلطا mixed
Lactobacillus منها متجانس التخمر مثل L. casei, L. plantarum ومنها خليط التخمــر مثل L. brevis , L. fermenti	الأعــلاف ، الأسمدة العضويـــة	تخمـــر اللاكتـــوز إلى حامض لاكتيــك ، ونواتـــج أخـــرى

بكتريا حامض اللاكتيك ، تكون خثرة ناعمة صلبه ، بدون انفصال للشرش . أما بكتريا القولون ، فإنها تكون خثرة ضعيفة ، تنكمش مع انفصال الشرش ، كما يظهر بها فقاقيع غازية (تخمر غازى) .

عند pH ٤,- ، يقف نشاط البكتريا المنتجة للأحماض ، وتنشط الخمائر الغشائية والفطريات ، خصوصا على السطح ، حيث تستهلك حامض اللاكتيك والأحماض العضوية كمصدر غذائي لها ، فتتناقص الحموضة تدريجيا باللبن ، وبذلك تتهيأ الظروف ، لنشاط البكتريا المحللة للبروتين : هوائيا ، بدون روائح كريهة ، أو لاهوائيا ، مع حدوث تعفن .

لاتحدث حموضة غالبا باللبن المبستر ، بسبب قتل أغلب الميكروبات المخمرة لسكر اللاكتوز المنتجة للحموضة . ولكن يحدث باللبن المبستر ، تجبن حلو (إنزيمى) ، ثم هضم للخثرة ، وتعفن بالبكتريا المحللة للبروتين، بواسطة الميكروبات المتبقية باللبن بعد عملية البسترة .

التجبن الحلو (الإنزيمى) Sweet curdling

تفرز بعض أنواع البكتريا ، إنزيما يشبه الرنين Renin - like engyme ، يرسب الكازين ، فى صورة باراكازينات الكالسيوم ، بدون تحلل اللاكتوز ، وبدون أيضا حدوث إرتفاع محسوس فى الحموضة ، فيحدث مايسمى بالتجبن الحلو ، أو الإنزيمى .

وعادة ما يتبع هذا التجبن ، تحلل للبروتين ، أى هضم للخثرة التى تكونت Peptonization ، مع تراكم كميات من النواتج النتروجينية الذائبة ، التى تسبب طعما مرا فى اللبن .

ومن أهم الميكروبات المسئولة عن هذا الفساد

Bacillus , Pseudomonas , Streptococcus liquefaciens

تغير اللون والطعم

يرجع لون اللبن الأبيض ، المائل قليلا للصفرة ، إلى مادة الكاروتين الموجودة بالحشائش ، والنباتات الخضراء ، بعليقة الحيوان ، وهى مادة صفراء اللون ، تكون فيتامين أ .

وعند ترك اللبن لمدة طويلة ، فى أماكن غير نظيفة ، وغير جيدة التهوية ، ينمـــو باللبن الميكروبات المفرزة للصبغات ، على سطح اللبن ، وتسبب تلونه . كما يحدث تغيرا فى طعم اللبن ، بسبب نشاط البكتريا والميكروبات الأخـــرى ، المحللة للبروتين والدهـــون (جـــدول ٧-٦) . ومعظم هذه الميكروبات ، تنمو على درجات الحرارة المنخفضة .

جـــدول ٧-٦ : تغيرات اللون والطعم فى اللبن

تغيرات اللـــون		تغيرات الطعم	
اللون	أهم المسببات	الطعم	أهم المسببات
أزرق	Pseudomonas syncyanea	المـــر Bitter	B. subtilis, Micrococcus, Pseudomonas, S. liquefaciens, Torula
أزرق مخضر	P. fluorescens	الزفر Stale القذر Dirty	Coliforms
أصفر	Micrococcus flavum Sarcina lutea	الزنخ Rancid	Achromobacter, Pseudomonas, Geotrichum
أحمـــر	Achromobacter prodigiosum Sarcina rosea Serratia marcescens Torula rosea	الخمائرى	Candida, Torula

تكون الغازات وتحلل البروتين والدهون فى اللبن

إذا توفـــرت الظروف المناسبة ، فإن الميكروبات الموجودة باللبن تنشط ، وتحدث تغيرات أخرى خلاف ما ذكر سابقا .

فقد يحدث تخمر غازى Gas production ، أو حالة مخاطية Robiness، أو تحلل للبروتينات ، هوائى Proteolysis ، أو لاهوائى تعفنى Putrefaction، أو تحلل للدهون وتزنخ Lipolysis & Rancidity (جـــدول ٧-٧) .

جدول ٧-٧ : تكون الغازات وتحلل البروتين والدهون فى اللبن

نوع التغير	أهم الميكروبات المسببة	مصدر الميكروبات	مادة التفاعل والنواتج النهائية
تكون غازات Gas production	Coliforms Cl. butyricum Cl. perfringens Candida Torula cremoris	الأوعية ، الأعلاف، التربة، الماء ، الروث ، الأسمدة العضوية	تحلل سكراللاكتوز، وتكون غازات : CO_2 , H_2
اللبن اللزج (الخيطى) Roby or stringy milk	Alcaligenes viscolactis Enterobacter aerogenes S. cremoris	الأعلاف، التربة، الماء	تمثيل السكريات، والببتيدات ، وتكون مواد كبسولية لزجة
تحلل البروتينات هوائى Proteolysis	Bacillus, e.g. B. subtilis B. cereus Pseudomonas Proteus S. liquefaciens Geotrichum Penicillium	الأوعية ، التربة، الماء	تحلل الكازين هوائى، إلى ببتيدات، وأحماض أمينية ، وقد يسبق ذلك تجبن إنزيمى قد يحدث تلون ، وروائح ، وطعم غير مقبول

تابـــع جـدول (٧-٧) :

نوع التغير	أهم الميكروبات المسببة	مصـــدر الميكروبات	مـادة التفاعـل والنواتج النهائية
تحلل البروتينات لاهـوائى ، تعفن Putrefaction	Clostridium, e.g. Cl. sporogenes	الأوعية ، التربة، المـاء	تحـلل الكـازين لاهـوائى ، إلى أمينات، وإنـدول ومركبتان ، وأمونيا تكـون روائـح غير مقبـولـة
تحلل الدهـون Lipolysis	Achromobacter Pseudomonas fluorescens Candida Geotrichum Penicillium	الأوعية ، التربة، المـاء	تحلل دهن اللبن إلى جليسرول وأحماض دهنيـة حـدوث تزنـخ

الأمراض التى تنتقل عن طريق اللبن Milk-borne diseases

المصدرين الهامين لتلوث اللبن بالميكروبات المرضية ، هما : الحيوان (جدول ٧-٨) ، والإنسان (جدول ٧-٩) سواء أكان مريضا ، أو حاملا للميكروب .

وأفضل طرق الوقاية ، هى عزل مصدر الإصابة ، وبسترة اللبن .

جدول ٧-٨ : أمـــراض تنتقل من الحيوان المصاب ، إلى اللبن ، إلى الإنسان ، أو الحيوان .

المـــرض	المســبب	مظهـــر الإصـــابة
إلتهاب ضرع الحيوان Mastitis	**Streptococcus, e.g. S. pyogenes** **Staphylococcus aureus**	حمــى قرمزيـــة بالإنســان وأمراض بالجهـاز التنفسى تسمم غـــذائى وإضطرابـــات معـــويـــة
الســـل	**Mycobacterium bovis**	سل فى الإنسان ، والحيوان، والعـديد من الثدييـــات
البروسيلا	**Brucella, e.g. B. abortus B. suis B. melitensis**	تسبب الاجهاض المعدى فى الحيــوان ، وتسبب الحمى المتقطعة (حمى مالطا) فى الإنسان
حمـــى Q	**Coxiella burnetii**	حمـــى وإلتهابات رئـويـــة بالإنســـان
التسمم بالسالمونيلا	**Salmonella, e.g. S. enteriditis S. typhimurium**	يســبب حمـــى بالحيــوان ، وتســـمم غـذائى بالإنســـان

جدول ٧-٩ : أمراض تنتقل من الإنسان (المصاب أو الحامل للميكروب) ، إلى اللبن ، إلى الإنسان

المرض	المسبب	مظهر الإصابة
أمراض معوية		
التيفود	Salmonella typhi	حمى التيفود
الباراتيفود	S. paratyphi	حمى الباراتيفود
الدوسنتاريا		
باسيليه	Shigella spp.	الدوسنتاريا
أميبية	Entamoeba histolytica	الدوسنتاريا
الكوليرا	Vibrio cholera	الكوليرا
امراض بالجهاز التنفسى		
السل	Mycobacterium tuberculosis	سل الإنسان
الدفتريا	Corynebacterium diphtheriae	الدفتريا (الخناق)
حمى قرمزية ، والتهاب الزور المعدى	سلالات من : Streptococcus pyogenes	طفح أحمر على الجسم ، التهابات بالزور ، والجهاز التنفسى

الفيروسات التى تنتقل عن طريق اللبن ومنتجاته

ينتقل عن طريق اللبن ومنتجاته : فيروسات الجهاز التنفسى Adenoviruses ، وفيروسات الإلتهاب الكبدى Hepatitis ، وفيروسات الأمعاء Enteroviruses ومنها فيروس شلل الأطفال ، كما ينتقل فيروسات الحمى القلاعية .

التسممات الغذائية التى يسببها اللبن

قد يسبب اللبن بعض التسممات الغذائية ، نتيجة توكسينات يفرزها الميكروب النامى ، أو نتيجة عدوى ميكروبية (جـدول ٧-١٠) .

وللوقاية من هذه التسممات ، يراعى النواحى الصحية فى الإنتاج ، والتداول ، والتسويق ، مع جودة البسترة ، والحفظ على درجات حرارة منخفضة .

جـــدول ٧-١٠ : امراض تسببها سموم ميكروبية

المسبب	مدة الحضانة ساعة	أعراض المرض
١- توكسين خـارجى مقـاوم للحرارة يفـرزه Staphylococcus aureus	١ - ٦ (٣)	إضطرابات معوية
٢- نتيجة عـدوى من :		
Salmonella sp.	٧ - ٣٠ (٢٤)	إضطرابات معوية
B. cereus	١٠ - ٢٤	إضطرابات معوية
E. coli	١٠ - ٢٤	إضطرابات معوية

الألبـــان المكثفـــة المحـــلاة Sweetened condensed milk

تصنع هذه الألبان من اللبن الكامل ، أو اللبن الفرز ، المتوفرة بها شروط النظافة ، والإنتاج الصحى السليم .
يسخن اللبن تسخينا مبدئيـــا ، على درجـــة ٩٤ - ١٠٠°م لمدة ٢٠ دقيقة ، لقتل معظم ما به من ميكروبات ، ثم يضاف السكر بنسبة حوالى ٢٠٪ ، ثم يكثف الناتج ، على درجة ٥٥°م ، تحت تفريغ ٢٥ رطل / بوصة٢، حتى تصل نسبة الماء باللبن إلى حوالى ٣٠٪ ، ثم يعبأ فى علب ، تحت تفريغ Vacuum packaging .

عامل الحفظ الرئيسى بهذا اللبن ، هو السكر . وإذا حدث فساد ، فإنه يعود إلى :
عدم كفاءة التسخين المبدئى ، التلوث بعد المعاملة ، عدم نظافة الأوعية ، والحفظ خارج الثلاجة .

من أنواع الفساد الهامة التى يتعرض لها هذا اللبن

١- تكوين بقع (أزرار) ملونه على السطح Colored buttons .
ويحدث ذلك ، نتيجة نمو الفطريات ، التى تتحمـل الضغط الأسمـــوزى المرتفع ، مثل بعض الأنواع الفطرية ، التابعة لأجناس :

Alternaria , Aspergillus , Cladosporium , Penicillium

٢- تكوين غازات ، وانتفاخ العلب المعبأة .
ويحدث ذلك ، نتيجة تخمر سكر اللاكتوز ، والسكروز ، وتكون غازات من CO_2 , H_2 .
ومن أهم مسببات هذا الفساد : Coliforms , Torula .

اللبـــن المجفف Dried milk

التجفيف ، هو عامل الحفظ بالأغذية المجففة ، الذى يمنع نمو وتكاثر الميكروبات . ويعتبر اللبن المجفف - مادام محتفظا بحالته الجافة - من أقل المنتجات اللبنية ، تعرضا للفساد الميكروبى .

يسخن اللبن تسخينا مبدئيا ، على درجة ٨٥°م لمدة ٢٠ دقيقة ، لقتل أغلب مابه من ميكروبات . ثم يجفف اللبن ، بالإمرار على أسطوانات ساخنة على درجة ١٤٨°م (بدون تفريغ) ، أو على درجة ١٠٠°م (تحت تفريغ) ، وقد يجفف اللبن ، بطريقة الرشاشات فى مقابلة هواء جاف .

يعبأ اللبن المجفف بسرعة ، لمنع إعادة امتصاص الرطوبة ، وذلك تحت تفريغ ، فى أوعية مبطنة محكمة ، لمنع وصول الرطوبة .

لاتزيد نسبة الرطوبة باللبن المجفف عن ٥٪ ، وهو يصلح لتغذية الأطفال . وتشترط المواصفات الأمريكية ، أن لايزيد عدد الميكروبات / جم لبن مجفف ، عن ٥٠ ألف للدرجة أ ، وعن ١٠٠ ألف للدرجة ب .

يحفظ اللبن المجفف ، مع المحافظة على حالته الجافة ، على درجة حرارة منخفضة ، وإلا فإنه يفسد بالميكروبات المتبقية بعد المعاملة الحرارية ، والتى من أهمها :

Bacillus , Microbacterium ,
Thermodúric micrococci ,
Streptococci & Lactobacilli

وهذه الميكروبات ، بالإضافة إلى إفسادها للبن المجفف ، فإنها تحدث عيوبا بالمنتجات اللبنية ، التى يدخل فى صناعتها اللبن المجفف .

وجود خمائر ، أو فطريات ، أو بكتريا القولون ، أو ميكروبات مرضية باللبن المجف ، يعنى عدم العناية بعمليات التعبئة ، والتخزين .

وعند إعادة إسترجاع اللبن المجفف للإستهلاك Reconstitution ، يراعى استعمال ماء نظيف ، وأوعية نظيفه ، مع التداول السليم ، والحفظ على درجات حرارة منخفضة ، كما هو متبع فى حالة اللبن السائل .

مزارع البادئـــات Starter cultures

البادئات عبارة عن مزارع نقية ، من ميكروب واحد ، أو أكثر ، لسلالات معينة من البكتريا، أو الفطريات . وتستخدم مزارع البادئات فى صناعة الألبان ، للحصول على منتجات لبنية ذات صفات معينة (جدول ٧-١١) .

جـدول ٧-١١ : أهم أنواع البادئات المستخدمة فى الصناعات اللبنية

البادىء	الغرض من الاستعمال	المنتج
S. lactis S. cremoris	إنتاج حموضة إنتاج حموضة	الألبان المتخمرة ، الـزبــد ، وكثير من أنواع الجبن
S. thermophilus S. diacetilactis	إنتاج حموضة إنتاج حموضة، ومواد طعم ونكهة	الألبان المتخمرة ، الجبن السويسرى الألبان المتخمرة ، القشدة
L. acidophilus L. bulgaricus	إنتاج حموضة إنتاج حموضة	لبن الأسيدوفلس اللبن البلغارى المتخمر
Leuc. citrovorum Leuc. dextranicum	إنتاج مواد طعم ونكهه إنتاج مواد طعم ونكهه	الألبان المتخمرة ، القشدة ، الزبد ، وبعض أنواع الجبن
Propionibacterium shermanii	تكوين عيون، ومواد طعم ونكهة	الجبن السويسرى
Penicillium, e.g. P. roqueforti P. camemberti	تسوية الجبن ، وإكسابه الطعم المميز	بعض أنواع الجبن : جبن الروكفور جبن الكاممبرت

إنتــاج البادئــات اللبنية

فى إنتاج البادئات اللبنية ، تحضر مزارع الأم mother cultures ، وذلك بتلقيح الميكروب المطلوب بنسبة ١-٢٪ ، فى لبن جيد ، سبق تسخينه للغليان عند ١٠٠°م لمـــدة ٣٠ دقيقة وتبريـــــده ، ثـم التحضين لعـــدة ساعـــات (حوالى ١٦ ساعة) ، على درجة ٢١-٢٢°م ، وهى درجة مناسبة لنمو ميكروبات البادىء، ولكنها غير مناسبة لنمو البكتريا الملوثة ، التى قد توجد باللبن ، بعد المعاملة الحرارية .

وبعد التحضين ، يحتفظ بالمزارع فى الثلاجة . وعند الإستعمال ، ينشط البـــادىء فى لبن معقـم ، خـالى من المواد المثبطة ، للحصول على المزارع الكبيرة Bulk cultures ، التى ستستخدم كبادىء ، فى تصنيع المنتجات .

لتجنب حدوث مشاكل فى إعداد البادئات ، أو فى صفاتها وخواصها، وللوصول إلى صناعة منتجات لبنية ناجحة ، يجب أن يراعى فى إنتاج البادئات ، وفى عمل الألبان المتخمرة :
جودة اللبن والمواد المستخدمة فى عمليات الإعداد والتجهيز ، وارتفاع نسبة النظافة ، والتعقيم ، فى كل خطوات الإنتاج ، بجانب جودة الأجهزة والأوعية المستخدمة .

وعدم مراعاة ذلك ، يؤدى إلى ظهور عيوب بالمنتج اللبنى ، منها : زيادة أو قلة نسبة الحموضة المتكونة ، عدم تكون الطعم المرغوب ، حدوث تغيرات بالطعم ، ناتج عن نشاط الميكروبات الملوثة ، انفصال الشرش عن الخثرة المتكونة ، وضعف الخثرة المتكونة ، بسبب انخفاض نسبة الجوامد الكلية ، باللبن الجارى تخميره .

الألبـــان المتخمـرة Fermented milks

تنتـــج الألبـــان المتخمـــرة ، بتأثير البادئات اللبنية ، المنتجة للحموضة والنكهة .

فتقـــوم بكتريـــا البـــادىء المنتجة للحموضة ، من أجناس Streptococcus , Lactobacillus ، بإنتاج حامض اللاكتيك ، وتجبين اللبن .

أما البكتريا المنتجة للنكهة ، مثل تلك التابعة لجنس Leuconostoc ، فإنها تنتج موادا طيارة ومتعادلة ، تكسب المنتج الطعم ، والنكهة المطلوبة.

وترجع القيمة الغذائية للألبان المتخمرة ، إلى إحتوائها على جميع مكونات اللبن الطبيعية ، بإستثناء سكر اللاكتوز ، الذى تحول إلى حامض لاكتيك . وهذا الحامض المتكون ، هو عامل الحفظ الرئيسى بهذه الألبان ، فبوجوده ، يقف نمو البكتريا التعفنية ، والبكتريا المرضية..

الألبان المتخمرة ذات أنواع عديدة (جدول ٧-١٢) ، تختلف بإختلاف نوع اللبن المستخدم (أبقار ، أغنام ، ماعز ، جمال) ، والبادىء المستعمل، وطريقة الصناعة .

جـــدول ٧-١٢ : بعض أنواع الألبان المتخمرة

المنتـــج	الميكروبات المسئولة عن التخمير ونوع الخثرة المتكونة	عمليـــة التخميـــر ، وحموضة المنتج النهائى
اللبـــن الـــرايب	S. lactis , Leuconostos sp. الخثـرة المتكونة عديمة القوام ، أى سائلة	يتـــم التجبن بتـرك اللبن فى شوالى على حرارة الغرفة لمدة ١-٣ يـــوم . وبعد نزع القشدة ، نحصل على اللبن الرايب ذو حمـوضـــة عالية حـــوالى ١,-٪
الزبادى واليوجورت Yoghurt	S. thermophilus , L. bulgaricus وقد توجـد أنواع اخرى من البكتريا والخمائـر الخثرة المتكونة متوسطة التمـاســك ، تشبـة الكاستارد	يحضن اللبن الملقح بالبادىء ، على درجـــة ٣٧-٤٥°م لمدة ســاعـــات (٣ ساعـــة فى المتوسط) ولليوجـورت الناتج أسمـــاء متعددة ، حسب البلـد المنتج ذو حموضة متوسطة ، وله طعم ونكهـــه
لبن الأسيـدوفلس	L. acidophilus الخثرة المتكونة ذات قوام متماسك	يسخـــن اللبن الى ٩٠°م لمدة ساعة لقتل أغلب الميكروبات ، لأن ميكروبات البادىء حساسة للميكروبات الأخـــرى ثم يبرد اللبن ، ويلقح بالبادىء بنسبـــة ٢٪ ، ويحضن لمدة ٣-٤ ســاعــة علـى ٣٧°م ذو حمـوضــة متوسطة ، حـــوالى ٠,٧ ٪ ، وخــالى من الطعم والنكهـــه

تـابع جـدول ٧-١٢ :

المنتـج	الميكروبات المسئولة عن التخمير ونوع الخثرة المتكونة	عمليــة التخميــر ، وحموضة المنتج النهائى
اللبن البلغارى Bulgarian	L. bulgaricus الخثرة المتكونة عديمة القوام ، لزجة	يحضـن اللبن الملقح بالبادىء على درجة ٣٧°م لعدة ساعات ذو حموضة عالية ، وخالى من الطعــم والنكهــه
اللبنة المتخمرة Cultured butter - milk	S. lactis , S. cremoris , Leuconostoc	يسخـن اللبن إلى ٨٥°م لمدة ٣٠ دقيقــة ، ثـم يبرد ويلقح بالبادىء بنسبــة ٢٪ ويحضــن على ٢١°م لمـدة ٨ ساعــات ذو حموضة متوسطة ، حــوالى ٨, ٠٪ ، ولــه طعـم ونكهــه
الكفيـــــر Kefir	S. lactis, L. bulgaricus, Lactose-fermenting yeast, e.g. Kluyveromyces fragilis, Candida kefir تتجمــع ميكروبات البادىء باللبن المتخمــر فى شكل حبيبات بيضــاء اللــون ، تسمى حبوب الكفير Kefir grains ، ويمكــن فصلهــا وإعادة إستعمالها كبادىء الخثــرة سائلة ، عديمــة القــوام	يصنــع من لبـن الأبقـــار ، والأغنـــام ، والماعـــز ، يتم التخمر على ٢٢°م لمــدة ١٢ ساعة فى قربــة من جلـد الماعــز ، وتصفــى الخثرة المتكــونــة ، لفصـل حبــوب الكفيـــر ، واستعمالها كبـــادىء يحتوى الناتج على ١٪ حامض، و ١٪ كحول ، وكمية وفيرة من غاز CO_2 ، تسبب رغاوى ، وله طعـم ونكهــه
الكــوميــس Kumiss	مثــل الكفيـــر	يصنع من لبن الفــرس ، ويتم التخمر على ٢٨°م لعدة ساعات الناتج يحتــوى على حــامض الخليــك وكحــول و CO_2 ، وله طعـم ونكهــه

الجبــن Cheese

يمر تصنيع الجبن ، بخمس خطوات رئيسية ، هى

١- تلقيح الجبن بالبادىء

٢- تكوين الخثرة Curdling
وتتكون الخثرة نتيجة التجبن الإنزيمى Renin-curd ، بإضافة إنزيم المنفحة renin .
أو تتكون الخثرة ، نتيجة التجبن الحامضى Acid-curd ، ببكتــريا حامض اللاكتيك ، أو تتكون الخثرة بالطريقتين معا .

٣- تخليص الخثــرة من الشــرش Drainage of whey .
ويتم ذلك ، إما بدون ضغط ، كما فى حالة الجبن الطرى ، أو بالضغط ، كما فى حالة الجبن الجاف، وبعد ذلك ، تشكل الجبن ، للقطع المطلوبة.

٤- إضافة الملح Salting

٥- التسوية أو الإنضاج Curing , ripening
فبعــــد عمليـــة تصنيع بعض أنــــواع الجبن ، يترك الجبن النـــاتج بعض الوقت للتسويـــة ، تحت ظــروف مناسبة من الرطــوبة والحـــرارة ، حيث تنمو ، بعض انواع البكتريا ، أو الخمائر ، أو الفطريات . وبما تفرزه هذه الكائنات من إنزيمات ، تحدث التغيرات المرغــوبة فى الطعـــم ، وإكتساب النكهة المميزة ، لكل صنف منتج .
وقد يشارك فى عملية التسوية ، إنزيمات المنفحة ، وإنزيمات اللبن، غير أن الإنزيمات الميكروبية ، هى التى تجىء فى المرتبـــة الأولى ، من بين كل العوامل ، التى تؤثر على تسوية الجبن .

صفـــات الجبـن

يعتبر التخمر اللاكتيكى ، عاملا هاما فى حفظ الجبن الناتج ، بتثبيطه للميكروبات المحللة للبروتين . كما أن إنخفاض الرطوبة ، وعدم وجود هواء، لهما أهميتيهما فى حفظ الجبن المصنع ، على هيئة قوالب ، أو أقراص كبيرة.

ويحدد صفات الجبن الناتج :
اللبن المستخدم ، طريقة عمل الخثرة ، وطريقة التخلص من الشرش ، وكيفية التسوية ، وطريقة الإستهلاك : طازجة أم مسواه .

اللبن المستخدم ، يجب أن يكون ناتجا من حيوان سليم ، وغير مصاب بالتهاب الضرع ، وإلا أثر ذلك على خطوات التصنيع ، وجودة المنتج .

وفى الحالات التى يدخل فى صناعتها البادئات ، فإن درجة حرارة التجبن ، وإجراء عملية السمط من عدمه ، تؤثر على أعداد البكتريا الموجودة بالجبن الناتج ، وبالتالى ، تؤثر على صفات الجبن وخواصه .

ففى الحالات ، التى يتم فيها التجبن على درجة حرارة ٣٨°م ، فإن البادىء المستخدم ، يحتوى على *S. cremoris* و *S. lactis* . وفى الحالات، التى تتعرض فيها الخثرة ، لدرجة ٥٠°م أو أعلى قليلاً ، فإن البادىء ، يحتوى على *L. casei* , *L. bulgaricus* , *S. thermophilus* .

وأثناء عملية التسوية ، يحدث تطور ، وتتابع للمجموعات الميكروبية، الموجودة بالجبن . ففى بداية التسوية ، وطوال الأسبوعين الأولين ، تنشط بكتريا Streptococcus ، ثم يقل نشاطها ، وبعد ذلك تنشط بكتريا Lactobacillus .

• وبالإضافة إلى الأنواع الميكروبية ، المميزة لكل صنف جبن منتج ، فقد يوجد طوال فترة التسوية ، أنـــواع من البكتـــريـــا تابعة لجنسى Bacillus , Micrococcus .

أقســـام الجبن

تقسم الجبن ، من حيث الإستهلاك ، إلى ثلاثة أقسام رئيسية :
طرية ، نصف جافة ، جافة ، وتعتمد درجة صلابة الجبن على نسبة الرطوبة، ومحتوى الجبن من الدهون ، وعلى ظروف التصنيع ، وطريقة فصل الشرش، والتمليح ، والتخزين .

الجبـن الطريـــة Soft cheese

يتم تسوية هذا الجبن ، فى فترة قصيرة نسبيا ، إذا قورن بالجبن الجاف . ويحتوى الجبن الطرى ، على نسبة مرتفعة من الرطوبة ، تصل إلى ٧٥٪ وهو طازج ، ولاتقل عن ٤٥٪ بعد تمام التسوية .

من أنواع الجبن الطريــــة

١- الجبن الدميـــــاطى

يستهلك الجبن الدمياطى ، عادة طازجا ، أو قد يسوى بوضعه فى صفائح تحت سطح الشرش ، لمده تتراوح من ٤ إلى ٦ شهور . مع ملاحظة، أن زيادة التسوية عن ذلك ، تؤدى إلى ذوبان الخثرة فى الشرش ، فلا يتبقى منها شيئا .

وأثناء الأسبوع الأول من التخزين ، تسود بكتريا جنس Streptococcus خاصة الأنواع S. faecalis , S. cremoris , S. lactis ، وكذلك بكتريا Leuconostoc .

وتتناقص هذه الأنواع تدريجيا ، حتى نهاية الأسبوع الثانى ، لتسود الأنواع التابعة لجنس Lactobacillus ، خاصة L. fermenti , L. plantarum , L. casei . وقد يوجد فى بداية التسوية ، أنواع تابعة لجنس Micrococcus ، مثل M. luteus .

٢- جبن الكممبرت Camembert

هذا الجبن من الأنواع الطرية ، المسواه سطحيا بالفطر P. camemberti. وفى بداية عملية التسوية ، تقوم بكتريا S. lactis ، بتوفير الوسط الحامضى، اللازم لنمو فطر Geotrichum candidum ، ثم ينمو فطر P. camemberti ، الذى يغطى سطح الجبن تماما ، ويقوم بتحليل الدهون والبروتين وحامض اللاكتيك، وذلك بواسطة إنزيماته ، التى تنتشر تدريجيا فى كل الجبن ، من الخارج للداخل، وبذلك يكتسب الجبن الطعم ، والقوام ، والرائحة الخاصة به .

تحلل حامض اللاكتيك ، فى نهاية الأسبوع الثانى من التسوية ، يعطى الفرصة لبكتريا Brevibacterium linens ، لتنمو على سطح الجبن ، مفرزة صبغة برتقالية اللون ، مميزة لهذا النوع من الجبن . ويصبح الجبن معدا للإستهلاك ، فى نهاية الأسبوع الثالث من التسوية .

الجبن النصف جافـة Semi-soft cheese

صفات هذه المجموعة من الجبن ، وسطا بين صفات الجبن الطرية والجافة . فجميعها تؤكل بعد التسوية ، والملح يضاف بنثرة على السطح ، ولكنها تحتوى على نسبة رطوبة أعلى من الجبن الجافة (حوالى ٥٠٪ ، مقابل ٣٠٪) .

جبـــن الروكفـــــور Roquefort

من الأنواع النصف جافة الهامة ، جبن الروكفور (الجبن المعرق باللون الأزرق) . ويتم تسوية هذا النوع أساسا بفطر P. roqueforti ، المنتج للجراثيم الزرقاء المخضره ، المميزة لهذا الجبن .

أثناء التسوية ، تحدث تغيرات ميكروبية متعددة ، ففى البداية يسود S. lactis وميكروبات أخرى كروية وعصوية ، ثم تختفى فى خلال أسبوعين، وذلك مع زيادة نمو فطر P. roqueforti ، الذى يبدأ فى النمو عادة بعد ١٠ أيام ، من الوخز بالخثرة ، ليصل نموه إلى أقصاه بعد حوالى ٣ شهور . وخلال هذه المدة ، تتكون عروق اللون الأزرق المخضر ، ومركبات الطعم الأساسية المميزة ، الناتجة من تحلل الدهون ، مثل أحماض الكابريك ، والكابرويك ، والكابريليك ، ومركبات الميثل كيتون .

ونظرا لأن الفطر هوائى ، فيراعى وخز القرص وخزا غائرا ، بسكاكين طويلة ، عليها جراثيم الفطر ، لتهيئة الظروف الهوائية ، اللازمة لنمو الفطر داخل القرص . مع ملاحظة ، أن النمو الزائد لفطر P. roqueforti ، يسبب طعما ونكهة غير مرغوبة ، لتحلل مادة Amyl ketone ، وهى أحد المركبات المسئولة عن الطعم والنكهة ، بهذا الجبن .

الجبـــن الجافـــة Hard cheese

تحتوى هذه الجبن ، على رطوبة لاتزيد عن ٣٥٪ ، وانواعها متعددة جدا ، ومنها

١- جبــن شيــدر Cheddar

فى هذا النوع ، تسود بكتريا البادىء المضاف S. lactis , S. cremoris لمدة ٢-٣ شهور من التصنيع ، بعدها تقل فى العدد ، إلى أن تختفى . وفى نفس الوقت ، تتزايد أعداد L. casei , L. plantarum , Geotrichum ، حتى نهاية مدة التسوية .

٢- الجبن السويسرى Swiss cheese , Gruyerre

يحتوى البادىء ، الخاص بتصنيع هذا الجبن ، على ثلاثة انواع رئيسية من البكتريا هى

S. thermophilus , L. bulgaricus , Propionibacterium shermanii

تمثل هذه البكتريا ، المجموعة الرئيسية ، التى تقوم أساسا بتسوية هذا الجبن ، الذى يتميز بوجود ثقوب (عيون) داخل الأقراص ، قطرها حوالى ٢ سم ، على مسافات تتراوح بين ٣ إلى ٨ سم . وتنتج هذه العيون ، من تكون غاز CO_2 ، الناتج من التخمـــر البروبيونيكى ، بواسطة بكتـريـــا Prop. shermanii ، التى تخمر سكر اللاكتوز ، حسب المعادلة العامة التالية

$$3\,CH_3-CHOH-COOH \longrightarrow 2\,CH_3-CH_2-COOH + CH_3COOH + CO_2 + H_2O$$

Lactic Propionic Acetic

وحامض البروبيونيك الناتج ، هو الذى يعطى الجبن السويسرى ، الطعم ، والنكهة المرغوبة ، المميزة لهذا الجبن .

عيــوب الجبن

لتلافى العيوب التى تحدث بالجبن ، يستعمل لبن جيد البسترة ، أى خاليا من الميكروبات المفسدة ، وبادئات نشطة ، لإيقاف نشاط البكتريا المتجرثمة ، مع العناية بالنظافة ، وتعقيم الأدوات ، والأوانى المستعملة فى الصناعة ، والتسوية ، والعناية بتمليح الجبن ، لما للملح من تأثير مثبط، لبكتريا الكلوستريديوم .

تفسد الجبن الطرية غالبا ، بواسطة البكتريا والخميرة ، أما الجبن الجافة ، فنظرا لحموضتها ، وقلة الرطوبة بها ، وعدم وجود هواء بداخل أقراصها ، فإنها تفسد غالبا من على السطح ، بواسطة الفطريات .

من أنواع الفساد بالجبن

١- تكــون غــاز

يحدث هذا العيب ، نتيجة عدم البسترة ، أو التلوث ببكتريا القولون، وبعض الخمائر المخمرة لسكر اللاكتوز مثل Candida ، وبعض البكتريا المتجرثمة ، مثل B. polymyxa , B. macerans .
وتسبب الغازات الناتجة من التخمر ، حدوث ثقوب غازية صغيرة ، قطـــرها ١ - ٢ مم .

كما قد يحدث الفساد الغازى ، نتيجة نمو بكتريا Clostridium ، فيتكون داخل الجبن ، ثقوب كبيرة وشقوق ، مع حدوث روائح تعفنية . ويمكن تلافى هذا الفساد بالجبن ، بأن يضاف إلى اللبن الجارى تصنيعه ، المضاد الحيوى النيسين Nisin ، الذى يثبط نمو الكلوستريديا ، وهذا المضاد، تفرزه أنواع من Streptococcus lactis ، وهو غير ضار بصحة الإنسان ، لتحلله بالإنزيمات المعوية .

٢- الفساد بالفطريات

يسبب التلوث بالفطريات ، تشويه مظهر الجبن ، وتكون بقع ملونة على السطح ، واكتساب الجبن ، طعما ورائحة غير مقبولة .

ويعتبر هذا الفساد ، من أكثر العيوب انتشارا ، ومن الفطريات المسببة

Alternaria , Aspergillus , Cladosporium , Monilia , Mucor , Penicillium

٣- عيوب الطعم واللون

يحدث تغير فى طعم الجبن ، بسبب امتصاص اللبن الجارى تصنيعه ، لبعض الروائح غير المرغوبة ، الموجودة بالعلف ، وفى الإسطبل . كما قد يحـــدث التغير بالطعـم ، بسبب النشاط الميكروبى ، الذى يسبب عيوبا ، مثل

الطعم المر ، والـــزنخ ، والطعم الخمائرى ، السابق ذكرها باللبن السائل (صـــ ١٧١ ، صـــ ١٨٥) .

ويحدث تلون الجبن ، نتيجة نمو فطريات على السطح ، أو من الخمائر والبكتريا ، المكونة للصبغات .

العـدوى المنقولة عن طريق الجبن Cheese - borne infections

كما يحدث فى الأغذية ، والألبان السائلة ، فقد تنقل الجبن ، بعض الميكروبات المرضية مثل
Brucella sp., Clostridium botulinum ,

Staphylococcus aureus , Salmonella sp.

تسبب بعض هذه الميكروبات أمراضا ، وبعضها يسبب تسممات غذائية ، كما ذكر سابقا ، بالفصل السادس الخاص بميكروبيولوجيا الأغذية ، وكذلك فى الألبان السائلة ، بهذا الفصل .

وللوقاية من هذه الأمراض ، تستعمل الألبان المبسترة فى صناعة الجبن ، على أن لاتقـــل فترة التسوية عن ٩٠ يوما ، مع مراعاة شروط النظافة ، والتعقيم ، فى كل خطـــوات الإنتاج ، والتعبئة ، وذلك لإنتاج جبنا جيدا ، مأمونا صحيا .

References

Foster, E.M.; F.E. Nelson; M.L. Speck; R.N. Doetsch and J.C. Olson (1961). Dairy microbiology. 2nd Ed., Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J., USA.
Hammer, B.W. and F.J. Bable (1957). Dairy bacteriology. 4th Ed., John Wiley & Sons Inc., N.Y., USA.
Marth, E.H. (ed.) (1978). Standard methods for examination of dairy products. 14th Ed., American Public Health Association, Washington D.C., USA.

الفصل الثامن

الميكروبيولوجيا الصناعية

- مقدمة
- الإحتياجات اللازمة للصناعات الميكروبية
- أنواع التخمرات
- المنتجات الميكروبية
- الإستخدامات الصناعية للخمائر
  - بعض المنتجات الهامة (جدول ٨-١)
  - التخمر الكحولى
  - البيـرة
  - خميرة الخباز
  - الخمير كغذاء
- الإستخدامات الصناعية للبكتريا
  - بعض المنتجات الصناعية الهامة (جدول ٨-٢، ٣)
  - إنتاج الخل
  - حامض اللاكتيك
  - الاسيتون-بيوتانول
  - إنتاج الأحماض الأمينية
- الإستخدامات الصناعية للفطريات
  - تحضير المزرعة وإعداد اللقاح
  - بعض المنتجات الصناعية الهامة (جدول ٨-٤)
  - حامض الستريك
  - الإنزيمات
  - المضادات الحيوية
  - البنسلين
  - خواص وإستعمالات بعض المضادات (جدول ٨-٥)
- ميكروبيولوجيا البترول
- المراجـع

الفصل الثامن

الميكروبيولوجيا الصناعية
Industrial Microbiology

مقـــدمـــة

يقصد بالميكروبيولوجيا الصناعية ، إستخدام الميكروبات ، تحت ظروف محكمة ، للإنتاج على النطاق التجارى ، لمواد نافعة ، ذات قيمة إقتصادية .

وقد بدأت الأنظار تتجه ، إلى أهمية الدور الذى تلعبه الميكروبات، لإنتاج هذه المواد ، منذ الدراسات التى بدأها باستير عن التخمرات ، فى النصف الثانى من القرن التاسع عشر . ثم حدث التطور الأساسى فى هذا المجال ، خلال القرن العشرين ، عندما استخدمت البكتريا لإنتاج الأسيتون والبيوتانول ، خلال الحرب العالمية الأولى ، واستخدام الفطريات ، والأكتينوميسيتات ، لإنتاج المضادات الحيوية ، خلال الحرب العالمية الثانية، ثم ماتلى ذلك من تطور كبير فى الميكروبيولوجيا الصناعية ، أو مايسمى بالصناعات التخميرية .

ويوجد اليوم ، العديد من الشركات ، التى تنتج ، عن طريق الصناعات التخميرية ، الكثير من الكيميائيات والمواد الحيوية ، ذات الأهمية الطبية ، والإقتصادية ، والتجارية الكبيرة .

ومن وجهـــة النظر الصناعية ، فإن الميكروب ، عبارة عن مصنع كيميـــائى ، قادر على إحداث تغيرات مرغوب فيها ، فى الوسط الذى يعيش فيه . فالميكروبات بما تفرزه من إنزيمات ، تؤثر على المواد الخام ، رخيصة الثمن ، والتى هى جزء من البيئة التى تنمو عليها ، وتحولها إلى نواتج جديدة نافعة. فإذا ما فصلت هذه النواتج ، من البيئة الجارى تخميرها ، فإننا نحصل على تلك المواد النافعة ، والتى لها أهميتها الإقتصادية ، والتجارية.

الإحتياجات اللازمة للصناعات الميكروبية

يعتمد نجاح الصناعات الميكروبية ، على توفير بعض الاحتياجات . ومن هذه الإحتياجات

١- الميكروب

الميكروبات المستخدمة فى الإنتاج الصناعى ، هى سلالات منتخبة ، من الطحالب ، والفطريات ، والخمائر ، والبكتريا . كما تستخدم البكتريا والفيروسات ، على نطاق تجارى ، لإنتاج اللقاحات .

ويشترط فى الميكروب المستخدم ، أن يكون :
قادرا على إنتاج المادة المطلوبة بكمية كبيرة ، وأن يكون ذا صفات ثابته ، سريع النمو ، وغير ممرض . ويمكن الوصول إلى هذه الصفات ، بإنتخاب السلالة المناسبة ، أو بإحداث الطفرات الملائمة ، أو حتى بإستخدام التكنولوجيا المتقدمة ، للهندسة الوراثية .

السلالة التى تم إنتخابها ، يجب أن يحافظ على نشاطها ونقاوتها ، بالنقل على فترات ، إلى البيئة المناسبة ، مع التحضين حتى تصل المزرعة إلى الطور الثابت Stationary phase ، ثم التخزين على درجة حرارة منخفضة، كافية لإيقاف النمو . وعند الإستعمال يعاد تنشيط المزرعة .

كما يحتفظ بنماذج من السلالة المنتخبة ، لمدد طويلة ، بالحفظ فى الثلاجه تحت زيت برافين ، أو بالحفظ بالتجفيد ، لإستخدام تلك السلالات عند اللزوم ، وذلك ، لتقليل إحتمال التغيرات التى تحدث ، مع تكرار نقل ، وتنمية المزرعة .

ولأهمية السلالة الميكروبية فى الإنتاج ، فإن الكثير من المصانع، تحتفظ لنفسها بالسلالة التى توصلت إليها ، وتعتبرها سرا من أسرارها الصناعية .

٢- تحضير البادىء (اللقاح) Starter (inoculum)

عادة ما يضاف البادىء الى بيئة التخمير ، بنسبة ١ - ١٠٪ من حجم البيئة . ونظرا لكبر حجم بيئة التخمير المستعملة ، فإن كمياتا كبيرة من اللقاح Stock culture ، يجب أن تجهز باستمرار .

ويتطلب توفير الكمية المطلوبة من اللقاح ، إجراء ٤ - ٥ مراحل من الإكثار، بدءا من المزرعة الموجودة بأنبوبة الاختبار . ويتم ذلك ، بالنقل المتكرر ، والتحضين تحت الظروف المناسبة ، إلى أن يصل حجم اللقاح إلى الكمية المطلوبة . وتتطلب هذه العملية دقة كبيرة ، حتى ينتج لقاحا نشطا. خاليا من التلوث ، وإلا حدثت خسائر جسيمة فى الإنتاج .

٣- بيئة التخمير : الماش Mash

البيئة المستخدمة فى التخمير ، بما فى ذلك مادة الأساس التى منها يكون الميكروب المنتجات المطلوبة ، يجب أن تكون مكوناتها رخيصة الثمن، سهل الحصول عليها ، متوفرة محليا ، ومناسبة لنمو الميكروب .

من أمثلة مواد الأساس المستعملة : المولاس Molass ، من مخلفات صناعة السكر ؛ الشرش Whey ، من مخلفات الصناعات اللبنية ؛ سائل منقوع الذرة Corn steep liquor ، من مخلفات صناعة النشا ؛ سائل السلفيت Sulfite - liquor ، من مخلفات صناعة الورق .

يستحسن أن تكون البيئة المستعملة ، بيئة منتقية Selective medium، لتكون أكثر ملاءمة لنمو الميكروب المطلوب ، عن غيره من الميكروبات المنافسة ، كما فى حالة استعمال بيئة حامضية ، لتنمية الخميرة والفطريات، وفى بعض العمليات التخميرية ، قد تعقم البيئة أو تبستر ، قبل تلقيحها بالبادىء ، للتخلص من الميكروبات الملوثة .

٤- الظروف المزرعية

أثناء عملية الإنتاج ، يجب توفير كل الظروف الغذائية ، والبيئية اللازمة لنمو ، ونشاط الميكروب المستخدم ، من :
عناصر غذائية ، pH ، رطوبة ، حرارة ، تهوية (هوائى أو لاهوائى) ، تقليب، معادلة أو إزالة المواد التى توقف التخمر ... الخ .

٥- المادة المنتجة

يتم التخمير فى مخمرات كبيرة الحجم ، وفيها تتكون المادة المطلوبة مختلطة مع الميكروبات ، ومع نواتج أخرى عديدة . ونحصل على المادة المطلوبة ، باستخدام طرق الإستخلاص ، والتنقية المختلفة . ويشترط فى هذه الطرق ، أن تكون مناسبة ، سهلة ، سريعة ، وإقتصادية .

أنـــواع التخمـــــرات Types of fermentation

تقع التخمرات الصناعية ، تحت نوعين رئيسيين ، هما تخمر متقطع أى على دفعات Batch ، وتخمر مستمر Continuous .

فى التخمر المتقطع ، يملأ المخمر بالماش ، ويلقح الماش بالميكروب، مع ضبط ظروف التخمر البيئية ، من pH ، وحرارة ، وتهوية . وبعد إنتهاء عملية التخمير ، تسحب محتويات المخمر ، للحصول على المنتجات . ثم يعاد تنظيف المخمر ، ويملأ من جديد بالماش ، وتكرر عملية التخمير .
ويلاحظ أن الإنتاج فى هذا النوع من التخمير ، يكون على دفعات .

فى التخمر المستمر ، يغذى المخمر بمعدل ثابت من بيئة التخمير ، التى يتم تخميرها بواسطة الميكروبات ، تحت الظروف البيئية المناسبة ، المتحكم فيها أوتوماتيكيا . ويسحب الناتج باستمرار ، مع التغذية المستمرة.
وعلى ذلك ، فإن الإنتاج فى هذا النوع من التخمير ، يتم بطريقة مستمرة . وتوفر هذه الطريقة ، ظروفا أفضل فى الإنتاج ، كما أنها إقتصادية .

تتم التخمرات الهوائية (كما فى حالة إنتاج البنسلين) ، بطريقة المزرعة المغمورة Submerged culture ، حيث ينمى الميكروب مغمورا فى البيئة ، مع توفير وسائل التقليب ، والتهوية بالهواء المعقم المضغوط ، ويتم التحكم فى عوامل الإنتاج آليا . ولكى يكون المنتج إقتصاديا ، يصل حجم المخمر إلى ٥٠٠ م^{٣} ، كما فى إنتاج المضادات الحيوية .

وتمتاز طريقة المزرعة المغمورة عن طريقة المزرعة السطحية Surface culture التى كانت مستعملة سابقا ، والتى ينمى فيها الميكروب على سطح البيئة ، بأن طريقة المزرعة المغمورة ، توفر المساحات الكبيرة ، التى كانت تتطلبها طريقة المزرعة السطحية ، كما أنها أقل تكلفه ، وتعطى إنتاجا أكبر فى مدة أقصر ، وفيها يمكن التحكم أيضا ، فى أسباب التلوث .

المنتجـات الميكروبيـة

تقع المنتجات الميكروبية ، تحت أقسام عديدة ، أهمها

١- مــواد وإضافات غذائية

حيث تستخدم الميكروبات لإنتـاج البروتيـن ، والأحمـاض العضوية ، والأمينية ، التى تستعمل كإضافات غذائية .
وذلك بالإضافة ، إلى الدور الذى تلعبه الخميره ، فى صناعة الخبيز .

٢- الكحولات والمشروبات الكحولية

ويعتبر انتاج الإيثانول ، والبيرة ، والنبيذ ، من أقدم ، وأكبر الصناعات الميكروبيولوجية .

٣- كيميائيات صناعيـة

مثل الأحماض ، والمذيبات العضوية ، والإنزيمات ، والمركبات الوسطية، المستخدمة لإنتاج مواد أخرى .

٤- كيميائيات صيدلانيـة

من اهم هذه المواد : المضادات الحيوية ، ومركبات الستيرويد Steroids.
ويجـرى الآن إنتـاج مـواد أخرى ، مثل الأنسيولين ، والإنتيروفرون ، بإستخدام طرق الهندسة الوراثية .

٥- مـواد بيـولـوجيـة

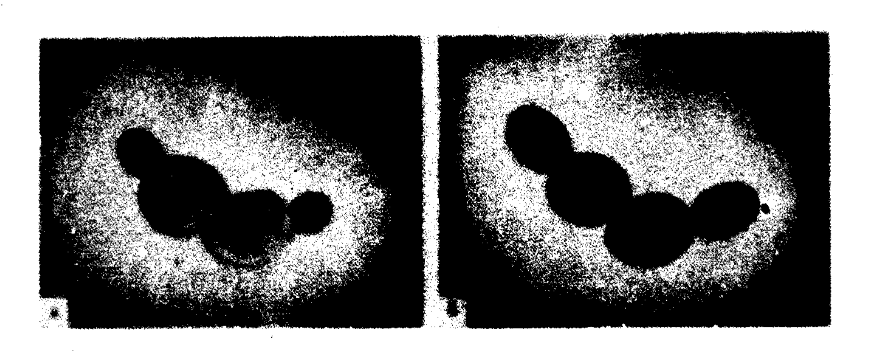
كالفاكسينات ، ومضادات السيروم .

٦- قد تستخدم الميكروبات فى أغراض محددة

كما فى حالة الميكروبيولوجيا التحليلية Analytical Microbiology ، حيث تستعمـل الميكروبـات فى إجـراء التقديرات الحيوية Bioassays ، للفيتامينات ، والأحماض الأمينية ، والمضادات الحيـوية . كما تستعمل الميكروبات لتقدير كفاءة عمليات البسترة ، والتعقيم .

الإستخدامات الصناعية للخمائر Industrial uses of yeasts

تلعب الخمائر ، دورا هاما فى الصناعات الميكروبية . ورغم وجود أنواع ، وأجناس كثيرة ، من الخمائر ، إلا أن أكثر أنواعها أهمية ، من الناحية الصناعيـــة ، هى السلالات التابعه للنوع Saccharomyces cerevisiae (شكل ٨ - ١) .



ب أ

ب بعد ١٠ دقائق من نمو أ

شكل ٨-١ : خـــلايا خميرة نشطة متبرعمة

ومن أهم الإستعمالات المعروفة للخمائر

هو إستخدامها فى المخابز ، وإنتاج بروتين ميكروبى ، وإنتاج كحول الإيثانول من المواد الكربوهيدراتية ، وإنتاج البيرة ، والنبيذ ، والمشروبات الكحولية ، وإنتاج بعض الكيميائيات الهامة (جـــدول ٨ - ١) .

جدول ٨-١ : بعض المنتجات الهامة من الخميرة

المنتج	الميكروب	المادة الخام	طبيعة التخمر	مجالات الاستعمال
كحول الإيثانول	Saccharomyces cerevisiae	المولاس(*)	لاهوائى	منيب ، وقود ، نواحى معملية، وطبية
	Kluyveromyces fragilis	الشرش	لاهوائى	
مشروبات كحولية	S. cerevisiae	مولت الشعير، عصير العنب	لاهوائى	البيرة ، النبيذ
خميرة الخباز	S. cerevisiae	المولاس(*)	هوائى	الخبيز
	Candida milleri	المولاس	هوائى	الخبز الفرنسى الحامضى
بروتين ميكروبى	S. cerevisiae	المولاس(*)	هوائى	خميرة علف تغذية الحيوان
	Candida utilis	المولاس، مخلفات صناعة الورق	هوائى	تغذية حيوان وإنسان
	Hansenula polymorpha	الميثانول	هوائى	تغذية حيوان وإنسان
	Saccharomycopsis lipolytica	مخلفات البترول	هوائى	تغذية حيوان

(*) أو مواد كربوهيدراتية ، بعد تحللها إلى سكريات قابلة للتخمر

التخمـــر الكحـــولى Alcoholic fermentation

يعتبر كحول الإيثايل ، أكثر المذيبات إستعمالا بعد الماء ، كما أنه يستخدم كمادة أولية ، فى المعامل ، والصناعات الكيميائية ، وفى بعض الأغراض الطبية .

وكصناعة ميكروبية ، فإن كحول الإيثايل ينتج بواسطة الخميرة ، من أية مادة كربوهيدراتية قابلة للتخمر ، وعند استعمال النشا ، أو الذرة ، أو المواد الكربوهيدراتية المعقدة ، فإن هذه المواد تحلل أولا ، تحليلا مائيا ، لإنتاج السكريات القابلة للتخمر بواسطة الخميرة . ويتم هذا التحلل المائى، بواسطة الإنزيمات (من مولت الشعير ، أو من الفطريات) ، أو بإستخدام الحرارة فى وسط حامضى .

ومن المواد الخام الشائعه الاستعمال عالميا لإنتاج الكحول :
المولاس ، بنجر السكر ، البطاطس ، الذرة ، العنب .

الميكروب المستخدم

تستخدم سلالات منتخبه من الخميرة Saccharomyces cerevisiae ، تمتاز بغزارة نموها ، وقدرتها العالية على إنتاج كميات كبيرة من الكحول ، وتحمل تركيزات مرتفعةً منه .

وينتج الكحـــول من السكر ، بواسطـــة الخميرة ، طبقـــا لنظـــام Embden - Meyerhof pathway* ، حسب المعادلة العامة التالية

$$\underset{\text{جلوكوز}}{C_6H_{12}O_6} \xrightarrow{\text{إنزيمات الخميرة}} 2\ \underset{\text{إيثانول}}{CH_3-CH_2OH} + 2\ CO_2$$

* أحد نظم التمثيل الغذائى ، التى يستخدمها الكائن ، لتحويل الجلوكوز فى خطوات ، إلى حامض بيروفيك ، الذى يختزل إلى إيثانول ، مع إنطلاق غاز CO_2 .

الإنتـــاج

يستعمل المولاس بكثرة فى كثير من البلدان ، كمصدر كربونى ، لإنتاج الكحول . ويحتوى المولاس العادى Black strap molass ، على حوالى ٥٠٪ سكروز ، وله pH حوالى ٦,٥ ، غير أنه فقير فى المواد النتروجينية والفوسفورية . ولذلك ، فعند استعمال هذا المولاس كماش ، يجب ان يعدل تركيبه ، ليعطى البيئـة المناسبة لنمو الخميرة ، فتخفف نسبة السكر به ، إلى حوالى ١٠٪ ، ويخفض الـ pH إلى حوالى ٤,٥ ، وهى درجـــة حموضة مناسبة لنمو الخميرة ، وغير مناسبة لنمو البكتريا الملوثة . ويضاف للمولاس مواد مغنية (نتروجين وفوسفور) بنسبة ٠,٢ - ٠,٤٪ ، فى صورة كبريتات أمونيوم، وفوسفات أمونيوم، أو يوريا، أو من أى مصدر آخر مناسب.

تلقح البيئة بسلالة الخميرة المنتخبة ، والتى سبق تنشيطها . ويتم التخمير فى وسط لاهوائى ، وهذا يتوفر من غاز ثانى اكسيد الكربون المتكون اثناء التخمير .

وفى حالة التخمير المتقطع ، يتم الانتاج بعد ٤٨ ساعة على حوالى ٢٥°م .

وفى نهاية التخمر ، يتحول حوالى ٩٠٪ من سكر البيئة إلى كحول وغاز CO_2 ، اما باقى السكر ، فيستهلك كغذاء للخميرة ، وفى إنتاج بعض النواتج الثانوية الاخرى .

ويتحصل على الكحول ، بتقطير السائل المتخمر ، ويمثل الكحول حوالى ٤٨٪ من النواتج النهائية .

غاز ثانى اكسيد الكربون الناتج من التخمير ، وهو يمثل حوالى ٤٧٪ من النواتج ، يجمع ، وينقى ، ويضغط فى أسطوانات ، ليستعمل فى صناعة المياه الغازية ، وطفايات الحريق ، أو يحول إلى ثلج جاف ، يستخدم فى عمليات التجميد .

النواتج الثانوية للتخمر الكحولى

بالإضافة إلى الكحول وثانى اكسيد الكربون ، وهما يمثلان حوالى ٩٥٪ من النواتج ، ينتج أيضا ، كميات قليلة من الجليسرول (حوالى ٣٪) ، وحامض السكسنيك واللاكتيك (حــوالى ١٪) ، مـــع كميـــات قليلة من كحول

الأمايل ، والأيسو أمايل ، وآثار من الكحولات العالية الأخرى . ويطلق على هذا الخليط من الكحولات اسم زيت الكحول Fusel oil ، وهو يمثل حوالى ٠,١٪ من النواتج ، ويستعمل فى البويات . وينتج زيت الكحول ، كنواتج ثانوية ، من تأثير الخميرة على بعض الأحماض الأمينية ، الموجودة بالبيئة، كالليوسين ، والأيسوليوسين ، والفالين .

التهوية وتأثير باستير

تحت الظروف اللاهوائية ، يزداد إنتاج الكحول ، ويزيد إستهلاك السكر، وتنتج كميات قليلة من الطاقة (١ مول جلوكوز يعطى ٢ مول ATP).

ولكن فى وجود الهواء ، فإن عملية التخمير اللاهوائية ، تتجه إلى تفاعلات تنفس هوائى ، فيقل استهلاك السكر ، مع إنتاج كميات أكبر من الطاقة (١ مول جلوكوز يعطى ٣٨ مول ATP) ، ويتجه التفاعل لتكوين خلايا خميرة ، بدلا من إنتاج الكحول ، وقد يقف التخمر نهائيا ، بزيادة التهوية .

تأثير التهوية على عملية التخمير ، أو ما يعرف بتأثير باستير Pasteur effect ، لاينطبق على الخميرة فقط ، ولكنه صفة عامة ، خاصة بكل الميكروبات الإختيارية للهواء . وقد أوضح باستير ، أنه يمكن الحصول على واحد جرام من خلايا الخميرة من ٤ - ١٠ جم جلوكوز فى وجود الهواء ، ومن ٦٠ - ٨٠ جم جلوكوز فى غياب الهواء ، بمعنى ، أن واحد جرام من الجلوكوز تحت الشروط الهوائية ، ينتج خلايا خميرة تزيد عدة أضعاف ، عما ينتج من واحد جرام جلوكوز تحت الشروط اللاهوائية .

البيرة Beer

تصنع البيرة من الحبوب النشوية ، مثل الشعير فى أوربا والشرق الأوسط ، والأرز فى الشرق الأقصى ، والذرة فى أمريكا . ونظرا ، لأن الخميرة لاتستطيع تسكير النشا Saccharification ، أى تحويله لسكريات قابلة للتخمر ، لعدم إحتوائها على إنزيمات الأميليز ، فإن نشا الحبوب ، يجب أن يحول لسكريات قابلة للتخمر (الجلوكوز ، المالتوز ، الدكسترين) ، بالتحليل المائى ، قبل إجراء عملية التخمير بالخميرة .

ولكل نوع من الحبوب المستعملة ، الطريقة المناسبة لتسكيره . ففى حالـــة الشعير ، تتم عملية التسكير بواسطة الأميليــز ، الذى يتكون بحبوب الشعير النابتة ، بعد نقعها فى الماء لمدة ٢ - ٣ يوم ، لأن الحبوب النابته ، وليست الحبوب الجافة ، هى التى تحتوى على كميات كبيرة من إنزيمات الأميليز والبروتييز . ويجفف الشعير النابت ، على درجة حرارة ورطوبة مناسبة ، ثم يطحن . ويسمى الناتج بمولت الشعير Barley malt .

يعتبر المولت ، المصدر الرئيسى للنشا ، والمواد العضوية النتروجينية، والإنزيمات ، وتجرى عملية إذابة المولت malting ، بخلطه بالماء الساخن ، مع رفع درجة الحرارة تدريجيا إلى ٧٥°م ، وقد يضاف فى هذه العملية ، بعض المحاليل النشوية .

فى عملية الإذابة ، يتم تسكير النشا ، كما تتحلل البروتينات ، إلى احماض أمينية ، ومواد نتروجينية ذائبة ، وبذلك يتوفر للخميرة ، المصادر اللازمة لنموها من كربون ، ونتروجين .

يرشح المولت الذائب ، والراشح الناتج ، يسمى وارت البيرة Beer wort. يغلى الوارت مع حشيشة الدينار Hops . وعملية الغليان ، توقف عمل إنزيمات المولت ، وتسبب تعقيما جزئيا للسائل ، كما أنها تساعد على إستخلاص بعض المواد من حشيشة الدينار ، التى تكسب البيرة الطعم ، والنكهه المطلوبة ، وتساعد على الحفظ .

يرشح الوارت ، للتخلص من حشيشة الدينار ، ثم يبرد الراشح ، ويلقح بســلالة الخميرة المنتخبة (Brewer's yeast) Saccharomyces cerevisiae ، والتى سبق تنشيطها . والخميرة المستعملة كلقاح ، قد تكون من الأنواع السطحية Top yeast ، أو من الأنواع القاعية Bottom yeast ، وذلك حسب نوع البيرة المطلوب إنتاجها .

الخميرة السطحية توجد على سطح البيئة ، لأن ثانى اكسيد الكربون المتكون بغزاره اثناء التخمير ، يرفعها لأعلى السطح . وتحتاج هذه الخميرة، لدرجة حرارة أعلى (٢٠°م) للتخمير ، وهى نشطة فى التخمير ، وتنتج بيرة ذات نسبة كحول أعلى .

أما الخميرة القاعية ، فإنها توجد فى قاع السائل المتخمر ، لقلة ثانى اكسيد الكربون المنتج أثناء التخمير . وتحتاج هذه الخميرة ، لدرجة حرارة أقل للتخمير (٥ - ١٢°م) ، وهى بطيئة فى التخمير ، وتنتج بيرة ذات نسبة كحول أقل .

تتم عملية التخمير ، لاهوائيا ، فى عدة أيام ، وأثناء هذه الفترة ، يتم تحول السكر ، إلى كحول وثانى اكسيد كربون ، وقد يعقب ذلك تخمير ثانوى للإنضاج ، على درجة حرارة منخفضة (صفر إلى ٤°م) لعدة شهور . بعد ذلك تروق البيرة ، وترشح ، وتعبأ ، وقد تبستر على ٦٠°م لمدة ٣٠ دقيقة، وتحفظ على درجة حرارة منخفضة ، لحين الإستهلاك .

وتحتوى البيرة (نوع Ale) ، على حوالى ٥٪ كحول ، و ٠,٥٪ CO_2، وتمتاز البيرة الجيدة بشفافيتها .

فساد البيرة

تفسد البيرة ، بسبب نمو الخمائر الملوثة Wild yeast ، والبكتريا غير المرغوب فيها ، كبكتريا حامض الخليك ، واللاكتيك ، و Pediococcus . فيحدث تعكير ، ومرارة ، وروائح غير مرغوبة بالبيرة .

تموت أغلب الميكروبات المفسدة ، عند غليان الورت مع حشيشة الدينار . لذلك ، يمكن تجنب فساد البيرة ، بمراعاة عدم التلوث ، عقب غليان الورت ، وأثناء عمليات التصنيع التالية ، مع استخدام سلالات الخميرة ، النشطة النقية للتخمير ، والبسترة عقب التعبئة .

خميرة الخباز . Baker's yeast

يستعمل فى المخابز ، مزارع نقية ، لسلالات منتخبة ، من خميرة الخباز (Baker's yeast) Saccharomyces cerevisiae . وتمتاز هذه السلالات بثبات صفاتها ، وسرعتها فى النمو ، وقدرتها العالية ، على تحليل سكريات العجين .

تخلط الخميرة مع العجين ، لإحداث التغيرات المطلوبة ، فى القوام، والطعم ، بالخبز الناتج . ويسبب غاز ثانى اكسيد الكربون ، المتصاعد أثناء التخمر ، رفع العجين Leavening , rising , of dough .

ويتوقف نوع الخبز الناتج ، على صفات سلالة الخميرة المستعملة ، وظروف التحضين ، والمادة الخام المستعملة للتخمير .

إنتاج خميرة الخباز

لإنتاج الخميرة (شكل ٨-٢) ، تلقح سلالة الخميرة المطلوبة بعد تنشيطها ، فى بيئة التخمير ، التى قد تكون مولاس القصب ، أو البنجر ، أو أى مادة كربوهيدراتية تم تسكيرها . وعند استعمال المولاس ، تخفف نسبة السكر به ، إلى حوالى ٨,-٪، ويضبط الـ pH عند ٤,٥ ، مع إضافة نتروجين وفوسفور بنسبة ٢,٠ - ٤,٠٪ ، من مصدر مناسب .
يتم التخمير على درجة ٣٠°م ، وفى وسط هوائى . والتهوية والتقليب ضرورية ، فى عملية إكثار الخميرة ، لمنع حدوث تخمر لاهوائى .

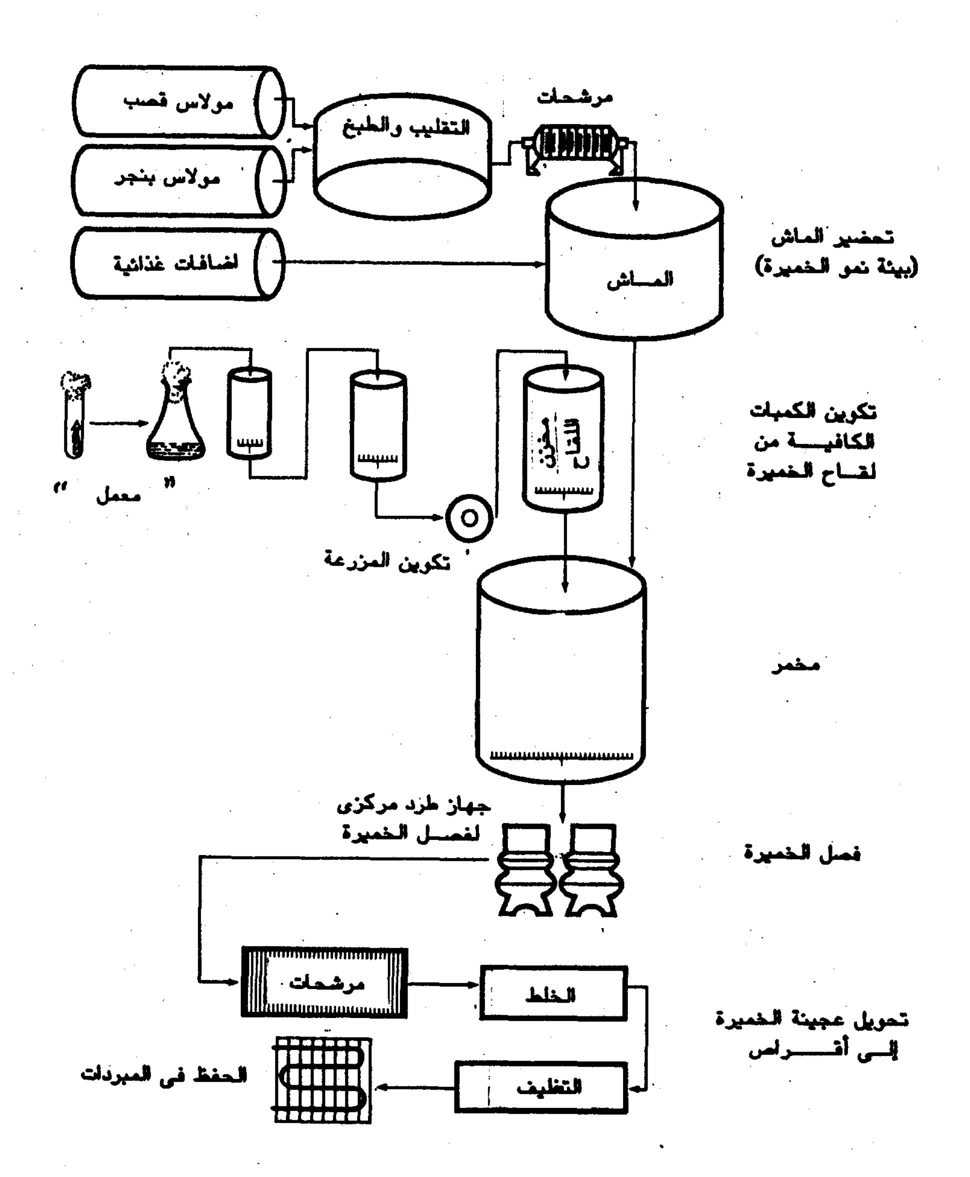
وبعد إنتهاء فترة التخمير ، التى تأخذ حوالى ١٠ ساعات ، تجمع خلايا الخميرة المتكونة بالطرد المركزى ، وتغسل بالماء ، ويعاد الطرد المركزى والغسيل ، ثم يجرى الترشيح من خلال مكابس Filter press ، أو أسطوانات* Filter drums . وتشكل الخميرة الحية المنتجة ، فى قوالب ، أو أقراص ، وتحفظ على درجة حرارة منخفضة (صفر إلى ٥°م) لحين الإستعمال ، للمحافظة على حيويتها ، ومنع فسادها .
ويعطى كل ٥٠٠ لتر بيئة ، حوالى ١٠,- كجم خميرة .

الخميرة كغذاء - البروتين الميكروبى

خميرة الغذاء (جدول ٨-١) ، سلالات مناسبة ، من خميرة جافة غير حية ، تصل نسبة البروتين بها ، إلى حوالى ٥٠٪ . وتستعمل كمصدر للبروتين والفيتامينات ، فى التغذية ، وفى المستحضرات الطبية .
تنتج خميرة التغذية ، بطريقة مشابهة لإنتاج خميرة الخباز ، على أن يجفف الناتج إلى مسحوق ، على درجة حرارة عالية نوعا ، لقتل خلايا الخميرة. فالخميرة الحية لاتصلح للتغذية ، لقيامها بتحليل السكريات ، وإنتاج غاز CO_2 ، مما يسبب ارتباكات معوية .

قد تستعمل الخميرة المنتجة كخميرة علف Fodder yeast ، حيث تضاف لعليقة الحيوان والدواجن، وقد تستعمل فى تغذية الانسان Food yeast (انظر البروتين الميكروبى ، الفصل السادس ، ص ص ١٥٨ - ١٦٠) .

* عبارة عن أسطوانة مفرغة الهواء ، عليها شبكه دقيقة من الصلب ، مغطاة بطبقة من نشا البطاطس ، وبدوران الأسطوانة ، فى الأحواض التى بها كريمة الخميرة Cream yeast ، تغلف الأسطوانة بالخميرة، التى تترشح ، ثم تكشط بسكين .



شكل ٨-٢ : خطوات الإنتاج التجارى لخميرة الخباز

الإستخدامات الصناعية للبكتريا Industrial uses of bacteria

تستخدم البكتريا على النطاق الصناعى ، لإنتاج مواد كيميائية كالأحماض العضوية ، والأمينية ، والفيتامينات (جـدول ٨-٢ أ ، ب) ، والإنزيمات ، وفى المقاومة الحيوية للحشرات (جدول ٨-٣) ، وفى إنتاج المضادات الحيوية .

جـدول ٨-٢ أ: بعض المنتجات الصناعية الهامة (عدا المضادات الحيوية) ، المنتجة بواسطة البكتريا

المنتج	الميكروب	المادة الخام	طبيعة التخمر	مجالات الإستعمال
كيماويات				
اسيتون - بيوتانول	Cl. acetobutylicum	كربوهيدرات	لاهوائى	مذيب ، كيميائيات
٢،٣ بيوتان-ديول	B. polymyxa Enterobacter aerogenes	كربوهيدرات	هوائى	مذيب ، كيميائيات
داى أسيتايل	Leuconostoc citrovorum	مخلفـــات الألبان مـــع سترات	لاهوائى	مكسبات طعم
دكستران	Leuconostoc mesenteroides	كربوهيدرات	لاهوائى	مثبتات فى الأغذية ، بديل بـــلازما الدم ، انتاج السيفادكس Sephadex
سوربوز	Gluconobacter suboxydans (Acetobacter suboxydans)	مستخلص خميرة مع جلوكـــوز ، جليسرول ، سوربيتول	هوائى	صناعة حامض الأسكوربيك (فيتامين جـ)

جدول ٨-٢ ب: بعض المنتجات الصناعية الهامة (عدا المضادات الحيوية)، المنتجة بواسطة البكتريا

المنتج	الميكروب	الماة الخام	طبيعة التخمر	مجالات الإستعمال
أحماض عضوية، وأمينية، وفيتامينات				
خليك، الخل	Acetobacter sp.	محاليل كحولية	هوائى، أكسدة	منتجات غذائية، كيميائيات
لاكتيك	Lactobacillus delbrueckii L. bulgaricus	مواد سكرية، الشرش	لاهوائى	منتجات غذائية، كيميائيات، المنسوجات
جلوتاميك	Brevibacterium sp.	كربوهيدرات، ببتون بيوتين، أملاح معدنية	هوائى	إضافات للأغذية
لايسين	Micrococcus glutamicus	جليسرول، سائل منقوع الذرة، نتروجين معدنى	هوائى	إضافات للأغذية
كوبالامين (فيتامين ب١٢)	Propionibacterium freudenreichii Streptomyces olivaceus	مواد سكرية ونتروجينية سائل منقوع الذرة	هوائى هوائى	إضافات للأغذية، نواحى طبية

جدول ٨-٣ : بعض المنتجات الحيوية الهامة المنتجة بواسطة البكتريا

المنتج	الميكروب	مجالات الإستعمال
إنزيمات أميليز بكتيرى	B. subtilis	تحليل النشا، النسيج ، الورق
بروتييز بكتيرى	B. subtilis	تسوية اللحم ، الجلود ، الألياف ، إزالة البقع
إستربتوكاينيز	Streptococcus equisimilis	استعمالات طبية لإذابة الجلطه
مبيدات مبيدات حيوية للآفات	B. thuringiensis B. popilliae B. sphaericus	مقاومة يرقات الحشرات ، خاصة حرشفية الأجنحة مقاومة البعوض

إنتاج الخل : Vinegar

الخل ، عبارة عن حامض خليك ، به مواد أخرى متنوعة ، كالإسترات، والجليسرول ، والزيوت الطيارة ، التى تتكون أثناء التخمر ، وتكسبه الطعم الخاص . ويوجد أنواع متعددة من الخل ، يعود الإختلاف بينها أساسا ، إلى نوع المادة المستعملة فى إنتاج الكحول ، والتى منها : عصير الفواكه ، النبيذ ، الشربات ، السوائل السكرية ، والمواد النشوية المتحللة .

وعموما ، يحتوى الخل الناتج ، على نسبة من حامض الخليك ، لاتقل عن ٤,-٪ .

الميكروب المستخـــدم

يتضمن إنتاج الخل ، عمليتين أساسستين ، لكل منهما الميكروب الخاص بها

١- إنتاج الكحـــــول من المواد السكرية لاهوائيا ، بواسطة الخميرة ، حسب النظام المتبع فى عملية التخمر الكحولى .

٢- أكسدة الكحول إلى حامض خليك هوائيا ، بواسطة بكتريا حامض الخليك، وذلك بعـــد ضبط نسبـة الكحـــول ، بالسائل المتخمـــر إلى ١٠-١٣٪ ، وإضافـــة خـــل حديث غير مبستر ، بنسبة ١٠-٢٠٪ ، ليعمل كلقاح ، وليساعد على التعقيم الجزئى من البكتريـــا غير المرغوب فيها ، وليجعل الوسط حامضيا ، مناسبا لنمو بكتريا حامض الخليك .

بكتريـــا حامض الخليـــك ، بكتريا هوائية حتما ، تتبع جنسى Acetobacter , Gluconobacter ، ومن أهم أفرادها المستعملة فى الإنتـــاج :

A. aceti , A. pasteurianum , G. suboxydans (formerly A. suboxydans)

البكتريا عصوية ، مفردة أو فى سلاسل ، غير متجرثمة ، الخلايا الحديثة سالبة لصبغة جرام ، متحركة (بفلاجلات محيطية فى جنس Acetobacter ، وبفلاجلات طرفية فى جنس Gluconobacter) .

وتحصل هذه البكتريا ، على الطاقة اللازمة لها ، من أكسدة المواد العضوية ، إلى أحماض عضوية . وفى التخمر الخليكى ، فإنها تحصل على الطاقة اللازمة لها ، من أكسدة الإيثانول ، إلى حامض خليك ، تحت الظروف الهوائية ، حسب المعادلة العامة التالية

$$\underset{\text{إيثانول}}{CH_3\ CH_2OH} + O_2 \xrightarrow{\text{بكتريا حامض الخليك}} \underset{\text{حامض خليك}}{CH_3\ COOH} + H_2O$$

ولاينصح باستعمال مزرعة نقية فى إنتاج الخل ، لأن المزرعة الخليطة من بكتريا حامض الخليك ، أعلى كفاءة فى إنتاج الخل ، من المزرعة النقية .

الإنتاج

يستعمل لإنتاج الخل ، أنواعا مختلفة من المخمرات ، تعتمد كلها على توفير الظروف المناسبة ، لأكسدة الإيثانول إلى خليك ، بواسطة بكتريا حامض الخليك . والشكل (٨-٣) ، يوضح نوعين من هذه المخمرات ، المستعملة فى الإنتاج بالطريقة السريعة ، وهما المولد Generator ، ومخمر طريقة المزرعة المغمورة Submerged method .

فى طريقة المولد ، يمرر الكحول المضبوط تركيزه ، والمحمض بالخل، والمضاف له المواد الغذائية ، المناسبة لنمو بكتريا حامض الخليك ، يمرر من أعلى المولد إلى أسفل ، على نشارة (قشور) خشب* Wood shaving ، (وهى مادة مفككه ، تعمل كحامل لبكتريا حامض الخليك ، وتسمح بالتهوية) ، ملقحة ببكتريا حامض الخليك ، مع إمرار الهواء المضغوط بالمولد ، من أسفل إلى أعلى ، وضبط الحرارة بين ٢٥-٣٥°م . ويلاحظ ، أن إرتفاع أو إنخفاض الحرارة عن هذه الحدود ، يؤثر على نمو بكتريا حامض الخليك ، ويشجع نمو الميكروبات الأخرى ، غير المرغوب فيها .
وأثناء مرور الكحول على نشارة الخشب ، تقوم بكتريا حامض الخليك، بأكسدة الإيثانول، تحت الظروف الهوائية، إلى خل، الذى يجمع من قاع المولد

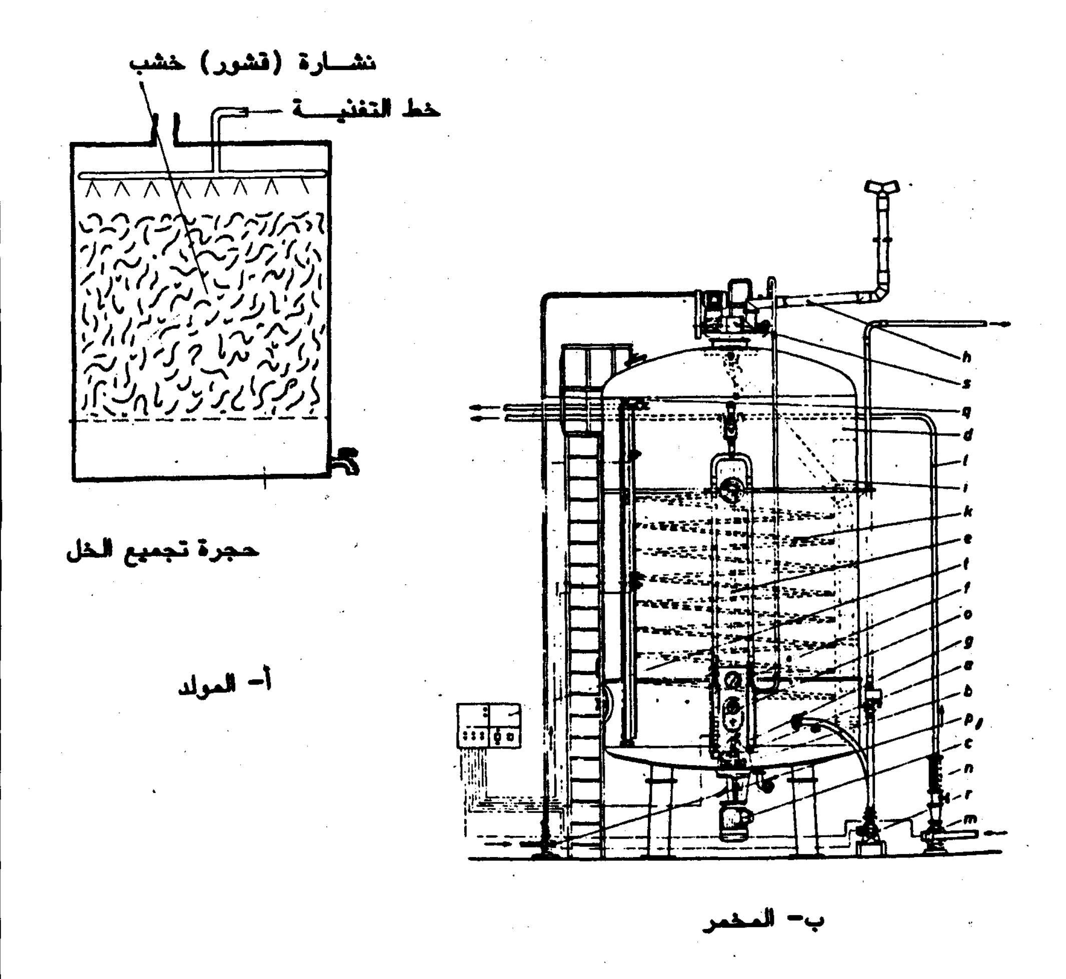
يتم التخمر في عدة أيام بطريقة المولد ، أما إذا أستعملت الطريقة المغمورة فى الإنتاج ، وهى طريقة مشابهة لطرق إنتاج المضادات الحيوية ، حيث تستعمل مخمرات كبيرة الحجم ، مزودة ببيئة التخمير ، واللقاح ، مع التهوية والتقليب ، فإن التخمر يتم فى حوالى ٣٠ ساعة .

تحت الظروف المناسبة من الإنتاج ، فإن كل ١٠٠ جزء جلوكوز بالبيئة ، تكون ٥٠ جزء حامض خليك ، أو ، أن كل ١ جم كحول ، تكون ١,٢٦ جم حامض خليك ، ونحصل فعلا ، على حوالى ٩٠٪ حامض خليك من هذه الكمية .

الخل الناتج من التخمر، لونه ابيض، تركيز حامض الخليك به ، حوالى ١٠٪، وتعدل هذه النسبة، بالتخفيف إلى حوالى ٤ - ٦٪، بعد عملية التخمير.

---

* عادة مايستعمل قشور خشب البلوط الخام ، ويوضع بين قشور الخشب بالمخمر ، أنابيب ملتفه (سربنتين) ، يمرر بها ماء بارد ، لخفض درجة الحرارة الناتجة عن التخمر الهوائى .



شكل ٨-٣ : إنتاج الخل بالطريقة السريعة

أ - المولد : ينســاب محلــول مخفف من الكحـــول ، خـــلال نشارة (قشور) خشب مغطاة بالأسيتوباكتر ، فيتأكسد الكحول إلى خـــل .

ب- المخمر : يتم إنتاج الخل بالأكسدة ، تحت ظروف المزرعـــة المغمورة .

قد يجرى للخل المنتج عمليات تكميلية ، كالتخزين للتعتيق ، فى براميل مملوءة تماما (لمنع نشاط البكتريا الهوائية) ، والترويق بالترشيح ، من خلال مرشحات اسبستوس ، ثم التعبئة فى زجاجات ، والبسترة على درجة ٦٠°م ، لعدة دقائق .

فساد الخـل

يفسد الخل بواحد ، أو أكثر ، من الأسباب التالية

١- استعمـال الأوانى المعدنية فى الإنتاج أو التعبئة

وهذا يسبب ، تكون لون ، وعكارة بالخل ، نتيجة تفاعل حامض الخليك مع هذه الأوانى ، لذلك، تستعمل أوانى خشبية ، وزجاجية ، وبلاستيكيه.

٢- عدم تنظيم التهويــة

قلــة التهوية أثناء التخمير ، تثبط نمو بكتريا حامض الخليك ، كما تؤدى لحدوث تخمرات غير مرغوب فيها ، كالتخمر اللاكتيكى ، والبيوتيريكى.

وزيادة التهويــة بعد إنتهاء التخمير ، أو أثناء التخزين ، تدفع بكتريا حامض الخليك ، إلى أكسدة الخـل المتكون إلى ثانى أكسيد كربون وماء، للحصول على الطاقة اللازمة لها ، فتقل الحموضة بالخل .

٣- التلـــــــــوث

نمــو الفطريات والخمائر الغشائية على سطح الخل ، ونمو دودة الخل فى الخـل ، تسبب نقص الحموضة ، وتغير طعم الخل ، وفساد منظره .

ولتجنب هــذا الفساد ، يزوق الخل بعد إنتاجه ، ويبستر فى الأوانى المعبأ بها .

حامض اللاكتيك Lactic acid

يستعمل حامض اللاكتيك فى الأغنية ، وفى صناعة الورنيش ، واللدائن ، والمنسوجات ، كما تستعمل مشتقاته فى الأغراض الطبية ، مثل لاكتات الكالسيوم ، لعلاج نقص الكالسيوم ، ولاكتات الحديد ، لعلاج الأنيميا.

المادة الخام

ينتج حــامض اللاكتيك تخميريا ، من المواد الكربوهيدراتية ، مثل الذره ، نشا البطاطس ، المولاس ، الشرش . وعند استعمــال المواد النشوية، فيجب أن تحلل أولا قبل التخمر ، إلى جلوكوز ، بواسطة الإنزيمات ، أو الأحماض .

ويتوقف إختيار نوع المادة الكربوهيدراتية المستخدمة ، على توفرها بالسوق المحلى ، ونوع المعاملة اللازمة قبل التخمير ، والتكلفه الإقتصادية.

عموما ، يستخدم الشرش Whey بكثرة ، فى إنتاج حامض اللاكتيك. وينتج الشرش ، من صناعة المنتجات اللبنية كالجبن ، وهو يحتوى على حوالى ٥٪ سكر لاكتوز ، و ١٪ مواد بروتينية ، وبعض الفيتامينات والأملاح المعدنيـــة ، ولذلك ، فإنه يمثل بيئة مناسبة ، لنمو الأنواع القادرة على تخميره ، من بكتريا حامض اللاكتيك .
ويتكون حامض اللاكتيك حسب المعادلة العامة التالية

$$C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O \xrightarrow{\text{لاكتيز}} 2\,C_6H_{12}O_6 \xrightarrow[-4H_2]{\text{إنزيمات البكتريا}} 4\,CH_3\,CO\,COOH$$

لاكتوز — جلوكوز وجالاكتوز — حامض بيروفيك

$$4\,CH_3\,CO\,COOH \xrightarrow[\text{Lactic acid dehydrogenase}]{4\,(NADH\ ,\ H^+)} 4\,CH_3 - CHOH - COOH$$

حامض لاكتيك

الميكروب وتحضير اللقاح

يتكون الحامض فى الصناعة ، بتأثير بكتريا حامض اللاكتيك متجانسة التخمر ، ويتوقف نوع الميكروب المستخدم ، على نوع المادة الخام المستعمله . فتستعمل بكتريا Lactobacillus delbrueckii ، عند إستخدام المولاس والمواد السكرية ، وتستعمل بكتريا L. bulgaricus ، عند إستخدام الشرش ، لأن الميكروب الأول ، غير قادر على تحليل سكر اللاكتوز .

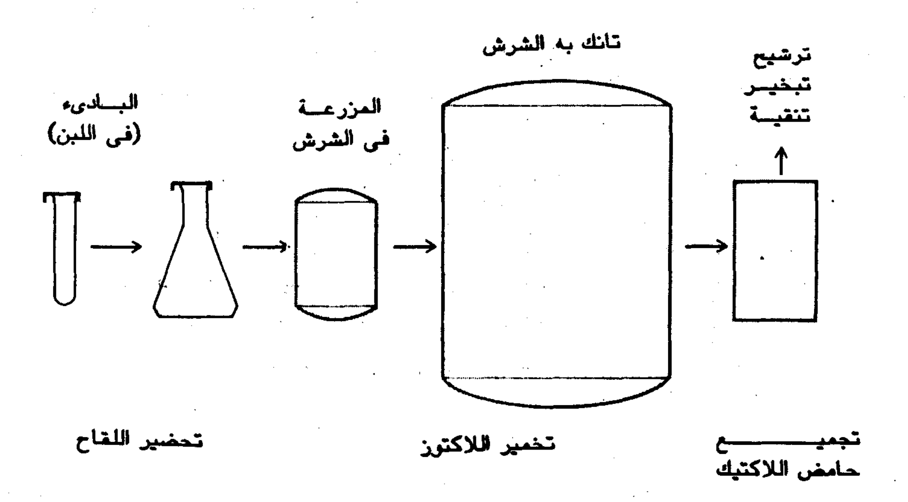
تستخدم بيئة لبن الفرز (لبن منزوع منه القشـــدة) لحفظ مـــزارع L. bulgaricus . ولتحضير كمية اللقاح الكافية للمخمر ، تجرى عملية نقل متكرر للميكروب ، مع التحضين فى كميات متزايدة من اللبن الفرز المبستر، وأخيرا فى الشرش . وتضاف المزرعة النامية بالشرش للمخمر ، بنسبـــة ٥ - ١٠٪ ، من حجم بيئة التخمير ، التى بالمخمر .

الإنتـــاج

يتم تحضين البيئة الملقحة بالمخمر ، على درجة ٤٣°م ، وهى درجة مناسبة لنمو الميكروب ، وفى نفس الوقت تحد من نمو الميكروبات الأخرى المنافسة .

أثناء التخمير ، يضاف باستمرار $Ca(OH)_2$ ، لمعادلة حامض اللاكتيك المتكون ، حتى تستمر عملية التخمر ، عند pH ٦ - ٦,٥ .

يتم التخمر لاهوائيا فى خلال يومين ، يتحول خلالها مايزيد عن ٨٥٪ من سكر اللاكتوز ، إلى حامض لاكتيك . وبعد إنتهاء التخمر ، يغلى السائل المتخمر لتجميع البروتين ، ثم يرشح للحصول على لاكتات الكالسيوم، ثم تعامل اللاكتات بحامض الكبريتيك ، فترسب كبريتات الكالسيوم ، وينفرد حامض اللاكتيك، الذى يركز بالتسخين تحت تفريغ ، ثم تجرى عمليات تنقية للحامض المتكون (شكل ٨-٤) .



شكل ٨-٤ : إنتاج حامض اللاكتيك من الشرش بواسطة Lactobacillus bulgaricus .

الأسيتون - بيوتانول Acetone - Butanol

نشأت هذه الصناعة التخميرية ، أثناء الحرب العالمية الأولى ، بسبب الحاجة إلى الأسيتون فى المفرقعات . ورغم أن إنتاج هذه المواد ، يتم الآن تخليقيا ، من نواتج البترول ، إلا أن تصنيعها بيولوجيا ، مازال قائما فى بعض البلاد .

يستعمل الأسيتون كمذيب ، وفى المفرقعات ، والحديد الصناعى ، وفى تحضير الصموغ .
ويستعمل البيوتانول كمذيب ، وفى البويات ، والبلاستيك ،وفى إنتاج الإسترات، المستعملة فى الصناعة، كمادة واقية للأسطح Protective coating.

البيئة المناسبة

يمكن استعمال المخلفات الكربوهيدراتية القابلة للتخمر ، كمصدر كربونى مناسب فى بيئة التخمير ، فيستعمل مهروس الذرة ، بنسبة ٦ - ٩٪ من البيئة ، أو المولاس المعدله به نسبة السكر إلى ٥ - ٦٪ ، مع إضافة كبريتات الأمونيوم ، وضبط الـ pH عند حوالى ٧,٢ .

الميكروب

يختلف الميكروب المستعمل فى التخمير ، بإختلاف المصدر الكربوهيدراتى فى البيئة . فيستعمل Clostridium acetobutylicum ، فى حالة إستخدام مهروس الذرة ، ويستعمل Cl. saccharoacetobutylicum ، فى حالة إستخدام المولاس . وهذه الميكروبات عصوية ، متجرثمة ، موجبة لصبغة جرام ، لاهوائية ، متحركة .

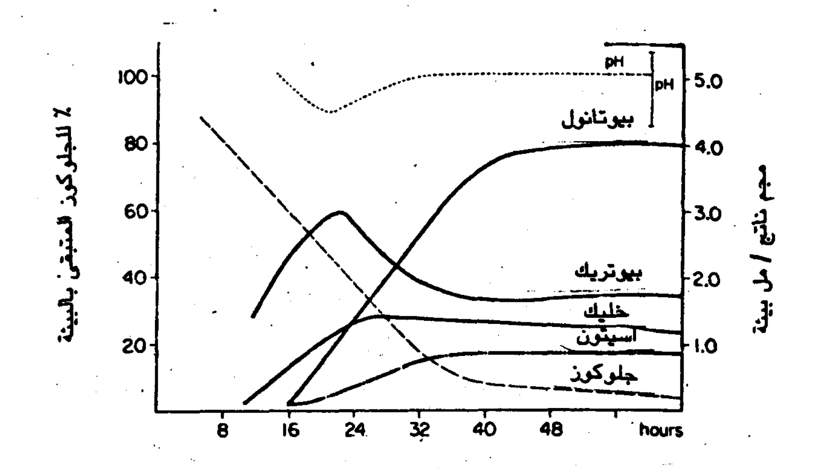
عموما ، فإن اللقاح المستخدم ، يجب أن يكون من مزرعة نشطة ، نقية ، مع مراعاة ، تعقيم جميع الأدوات ، المستخدمة فى الإنتاج ، لأن التلوث ببكتريا حامض اللاكتيك ، أو البكتريوفاج ، يؤدى إلى فشل ذريع فى التخمر.

الإنتـــاج

يضاف اللقاح إلى بيئة التخمير ، بنسبة ٥٪ من حجم البيئة ، وتحضن على درجة ٣٠-٣٧°م ، تحت ظروف لاهوائية ، مع مراعاة ضبط pH البيئة، بإضافة كربونات الكالسيوم أثناء التخمر . ويبدأ التخمر عند pH ٦,٥ ، ويصل فى نهاية فترة التخمر ، إلى ٥,٠ .

يتم التخمر في حوالى ٣ أيام (شكل ٨-٥) ، حيث ينتج حوالى ٣٠٪ من المذيبات ، على أساس وزن بيئة التخمير . وتشمل المذيبات المتكونة : البيوتانول ، الأسيتون ، الإيثانول ، بنسبة حوالى ٦٠ : ٣٠ : ١٠ . وتستخلص المذيبات الناتجة ، بالتقطير .

ويلاحظ أن نجاح هذه الصناعة ، يعتمد على التحكم فى أسباب التلوث، من الكائنات غير المرغوب فيها ، التى تفسد عملية الإنتاج .



شكل ٨-٥ : تخمر الجلوكوز بواسطة Clostridium acetobutylicum

الغازات الناتجة من التخمر

أثناء التخمر ، تتكون كميات كبيرة من غازات : ثانى أكسيد الكربون (حوالى ٦٧٪ من جملة الغازات الناتجة) ، وإيدروجين (حوالى ٣٣٪ من الغازات الناتجة) . تجمع الغازات الناتجة لتستخدم فى الأغراض الصناعية.

التفاعلات البيولوجية

فى هذا التخمر ، فإنه بالإضافة إلى الأسيتون ، والبيوتانول ، والإيثانول ، والغازات المتكونة ، فإنه ينتج أيضا بعض النواتج الأخرى ، كما هو موضح فى النظام التالى

glucose
$C_6H_{12}O_6$

↓ glycolysis

Pyruvic
$2\ CH_3-CO-COOH \longrightarrow$ Acetic (CH_3-COOH) ، Formic ($H-COOH$) $\longrightarrow$ $\underline{CO_2} + \underline{H_2}$

↓ CoA

Acetyl CoA
$CH_3-CO-CoA \xrightarrow{-\ CoA}$ Acetic $\underline{CH_3-COOH}$ $\xrightarrow{+\ H_2}$ Ethanol $\underline{CH_3-CH_2OH}$

↓ -2 CoA

Aceto acetic
$CH_3-CO-CH_2-COOH \xrightarrow{-\ CO_2}$ Acetone $\underline{CH_3-CO-CH_3}$ $\xrightarrow{+\ H_2}$ Iso propanal $\underline{CH_3-CHOH-CH_3}$

↓ + H_2

Butyric
$\underline{CH_3-CH_2-CH_2-COOH}$

↓ + H_2

Butanel
$\underline{CH_3-CH_2-CH_2-CH_2OH}$

المركبات التى تحتها خط ، هى نواتج نهائية للتخمر

إنتاج الأحماض الأمينية

تستطيع الكثير من الميكروبات ، تخليق الأحماض الأمينية اللازمة لها، من مواد نتروجينية غير عضوية . وكمية الأحماض المتكونة ، قد تفوق حاجة الخلية الميكروبية ، فتفرز فى البيئة .

وقد لوحظ ، أن بعض الميكروبات ، قادرة على تكوين كميات كبيرة، من الأحماض الأمينية ، تصلح لإنتاجها تجاريا ، مثل أحماض : اللايسين ، الأسبارتيك ، الجلوتاميك ، التربتوفان ، الثرايونين .

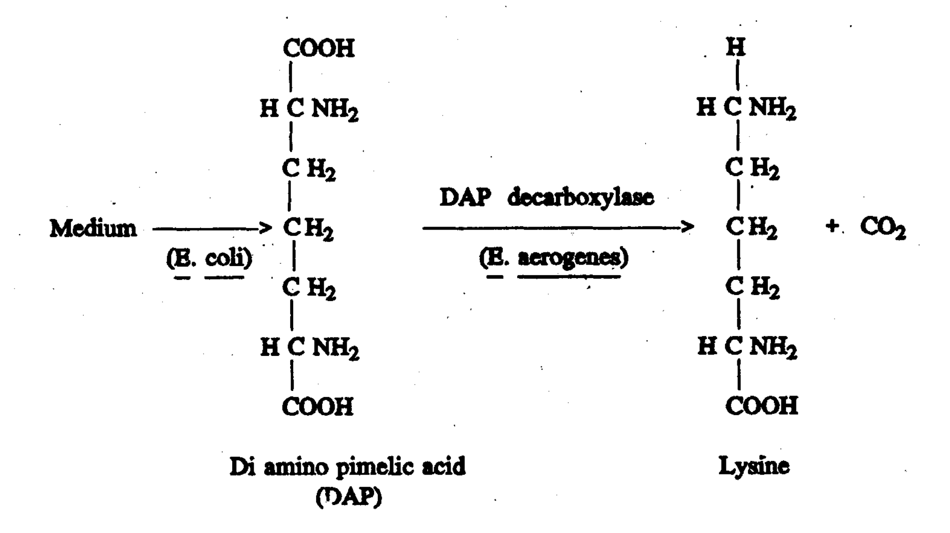
إنتاج اللايسين L - Lysine production

اللايسين ، من الأحماض الأمينية الأساسية فى التغذية . وهو يضاف للبروتينات النباتيه ، لسد النقص فى محتواها ، من هذا الحامض الأمينى ، كما يضاف للخبز ، وبعض المواد الغذائية .

تعتمد إحدى الطرق المستخدمة تجاريا ، لإنتاج اللايسين ميكروبيا على مرحلتين أساسيتين ، ولكل مرحلة الميكروب الخاص بها

١- تكوين حامض داى أمينو بيميليك Di amino pimelic acid (DAP)
ويتم ذلك ، بواسطة بكتريا E. coli .

٢- نزع مجموعة كربوكسيل من الحامض السابق
وذلك ، بواسطة إنزيم DAP decarboxylase ، الناتج من بكتريا Enterobacter aerogenes ، حسب التفاعل التالى



ينمى E. coli ، فى بيئة تحتوى على الجليسرول ، وسائل منقوع الذرة ، و $(NH_4)_2H\ PO_4$ ، مع توفير الظروف المناسبة ، من تهوية ، وحرارة، و pH .
وبعد حوالى ٣ أيام من التحضين ، يضاف إنزيم DAP decarboxylase ، لتحويل حامض DPA ، إلى لايسين .

إنتاج الجلوتاميك L. Glutamic

يستعمل حامض الجلوتاميك ، كإضافات غذائية ، وكمادة مكسبة للطعم والنكهة ، وهو يضاف للأغنية ، فى صورة جلوتامات أحادى الصوديوم Mono sodium glutamate .

تستطيع أنواع عديدة من الميكروبات ، خاصة التابعة للبكتريا ، والفطر ، إنتاج حامض الجلوتاميك ، بكميات كبيرة ، تحت شروط هوائية . والأنواع البكتيرية المستخدمة صناعيا ، تتبع أجناس

Arthrobacter , Brevibacterium , Micrococcus

تستخدم بكتريا Brevibacterium divaricatum بكثرة فى الإنتاج . وتتكون البيئة أساسا ، من كربوهيدرات ، ببتون ، أملاح معدنية ، بيوتين . وتركيز البيوتين فى البيئة ، له تأثير كبير على كميـــة حامض الجلوماتيك المنتج، وعادة ما يضاف البيوتين ، بنسبة ٢,٥ ميكروجرام / لتر بيئة . وزيادة ، أو نقص تركيز البيوتين عن ذلك ، يضر بالإنتاج .

يتم التحضين تحت شروط هـــوائية تماما ، على درجة ٣٠°م لمدة يومين . ويعتبر حامض الفاكيتو جلوتاريك ، النـــاتج مــن دورة كربس TCA cycle* ، هو المادة الممهدة (المهيئة) Precursor ، لتكوين حامض الجلوتاميك ، حسب المعادلة التالية

$$\begin{array}{c} COOH \\ | \\ CO \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array} \xrightarrow[+\ NH_2\ +\ NADH,\ H^+]{\text{glutamic acid dehydrogenase}} \begin{array}{c} COOH \\ | \\ H\ C\ NH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ CH_2 \\ | \\ COOH \end{array} + H_2O$$

α - Keto glutaric — Glutamic

* أحد دورات التمثيل الغذائى الأساسية ، بالكائنات الحية ، الخاصة بعمليات الهدم والبناء، وتتم تحت ظروف هوائية ، وتسمى دورة كـــربس Krebs cycle ، أو دورة الأحمـــاض ثلاثيـــة الكربوكسيـــل Tricarboxylic acid cycle (TCA cycle) ، أو دورة حـــامض الستريك Citric acid cycle .

الإستخدامـــات الصناعيـــة للفطـــريات
Industrial uses of fungi

ينتج العديد من المواد ، على مستوى تجارى ، بواسطة الفطريات ، ويمثل البنسلين ، واحدا من أهم تلك المواد . كما تستخدم الفطريات أيضا، لتخمير الأرز ، لإنتاج الكثير من المواد المتخمرة بالشرق الأقصى ، كما تستخدم الفطريات فى إنتاج مواد حيوية ، وأحماض عضوية ، وإنزيمات كالأميليز ، والبروتييز ، والبكتينيز ، وتستخدم هذه المواد بكثرة ، فى المجالات الصناعية (جدول ٨-٤) .

تحضير المزرعة وإعداد اللقاح

يشترط فى السلالات الفطرية ، المنتخبة للعمليات التخميرية ، كما ذكر سابقا ، أن تكون قادرة على الإنتاج العالى ، ثابتة الصفات ، سريعة النمو ، وغير ممرضة .

تحضر عادة مزرعة الفطر الأم mother culture ، على آجار مائل، لبيئة مناسبة ، مثل آجار المولت . ويمكن حفظ المزرعة فى صورة جراثيم، لمدد طويلة ، بالتجفيد ، أو فى تربة معقمة .

ويوجد طرق عديدة ، لإنتاج كميات كبيرة من اللقاح Stock culture ، من المزرعة الأم ، فى صورة جراثيم أو ميسيليوم ، لتلقيح المخمرات . ومن هذه الطرق

١- النمـــو السطحـــى للفطر ، فى بيئة سائلة أو بيئة آجار فى دوارق ، أو فى بيئة ضحلة (قليلة العمق) فى صوانى Trays .
يجمـــع النمو من على سطح البيئة ، وقد يغسل ، ويجفف ، ويخلط مع مسحوق جاف كالدقيق ، ويستعمل كلقاح .

٢- النمـــو فى نخـــالة القمح Wheat bran ، المفككة الرطبة ، المضاف لها المـــواد الغذائيـــة السائلة المناسبة ، مثل سائل منقوع الذرة . وتستعمل النخالة النامى بها الفطر كلقاح ، بعد تجفيفها ، وطحنها .
وتستعمـــل الطريقتـــان السابقتان (رقم ١ ، ٢) ، فى حالة التخمير بطريقة المزرعة السطحية .

جدول ٨-٤ : بعض المنتجات الصناعية الهامة عدا المضادات الحيوية، المنتجة من الفطريات

المنتج	الميكروب	مجالات الإستعمال
أحماض عضوية		
ستريك	Aspergillus niger A. wentii	الأغنية ، نواحى طبية
فيوماريك	Rhizopus nigricans	صناعة الراتنجات ، عامل إبتلال
جلوكونيك	A. niger	الأدوية ، المشعوجات ، التصوير
إيتاكونيك	A. terreus	صناعة الراتنجات ، عامل إبتلال
إنزيمات فطرية		
أميليز	Aspergillus niger A. oryzae	تحليل النشا ، النسيج ، الورق
بروتييز	Aspergillus wentii A. aureus	تحليل البروتين ، تسوية اللحم ، الجلود والدباغه، ترويق العصير
بكتينيز	A. wentii, A. aureus	تحليل البكتين ، ترويق عصير الفواكه
جلوكوز أكسيديز	Penicillium notatum	الصناعات الغذائية ، إنتاج حامض الجلوكونيك
إنفرتيز	Saccharomyces cerevisiae	تحليل السكروز ، الصناعات الغذائية
مواد حيوية		
جبرلليك، جبريللين	Fusarium moniliforme	عوامل مشجعه للنمو والانبات
11 -γ-hydroxy-progestrone	Rhizopus nigricans	إنتاج هيدروكسى كورتيكو ستيرون
فيتامين ب (رايبوفلافين)	Eremothecium ashbyi (*)	إضافات غذائية

(*) فطر متطفل ممرض للنبات ، يتبع الفطريات الأسكية .

٣- التنمية على خبز مناسب ، أو بسكويت هش Cracker ، رطب سبق تعقيمه. وبعد تمام تجرثم الفطر ، تجفف مزرعة الخبز ، أو البسكويت، النامى بها الفطـر ، وتطحن ، وتعبأ فى علب .
ويستخدم هـذا اللقـاح ، فى تلقيح جبن الروكفور ، والكممبرت ، والجبن المشابهة .

٤- النمو بطريقة المزرعـة المغمـورة ، فى بيئة سائلة مهواه مع التقليب ، لتنتج حبوبا أو كرياتا صغيرة Pellets ، مكونة من ميسليوم ، يحتوى ، أو لايحتوى ، على جراثيم .
وتستعمل هذه الحبوب ، كلقاح للمخمرات ، التى يستخدم فيها طريقة المزرعة المغمورة .

حامض الستريـك Citric acid

يستعمل حامض الستريك ، فى الأغذية ، والحلويات ، وكمادة مكسبة للطعم ، وفى بعض الأغراض الصناعية ، كما فى صناعة الحبر والأصباغ ، وفى بعض النواحى الطبية .
وينتج حامض الستريك ، من عصير ثمار الموالح ، أو من تخمير السكريات ، بواسطة الفطريات .

المادة الخام والبيئة

يمكن إستخدام ، أى مادة سكرية لإنتاج حامض الستريك ، غير أن أكثر هذه المواد استعمالا ، هو المولاس .
تحتوى البيئة المناسبة على ١٥-٢٠٪ سكر ، ويضاف لها مصدر نتروجينى مثل الأمونيا ، أو اليوريا ، وأملاح معدنية ، خاصة الحديد والزنك والمغنسيوم ، والتركيزات المناسبة من هذه المعادن بالبيئة ، عامل مؤثر على زيادة كمية الإنتاج .
ويضبط pH البيئة عند ٢,٥ - ٣,٥ ، بإضافة حامض للبيئة ، وهذه الدرجة من الحموضة ، توقف تجرثم الفطر ، لأن إنتاج حامض الستريك ، يقف بمجرد تكوين الفطر للجراثيم ، كما أن هذه الحموضة ، تمنع التخمرات الشاذه ، وتحدث تعقيما جزئيا للبيئة .

الفطر المستخدم

أنواع الفطريات ، القادرة على إنتاج حامض الستريك كثيره ، غير أن أكثرها استخداما فى الصناعة ، هى سلالات منتخبة تابعه للفطر Aspergillus niger .

الإنتاج

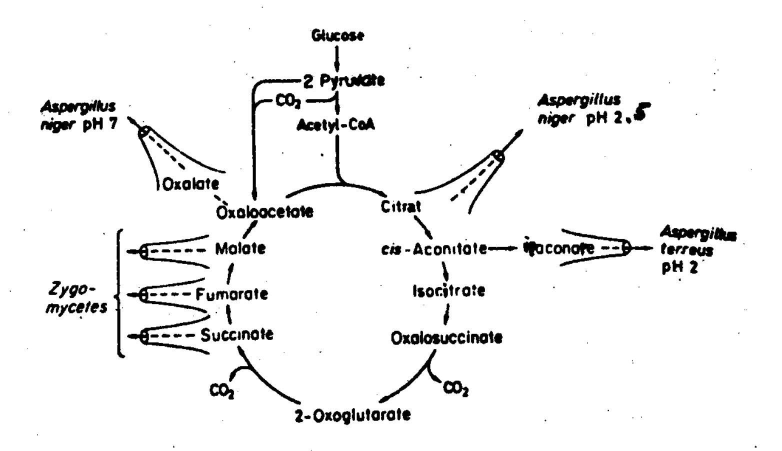
الطريقة المستخدمة فى الإنتاج ، هى طريقة المزرعة المغمورة . وتمتاز هذه الطريقة بأنها أقل تكلفه ، وأعلى إنتاجا ، من طريقة المزرعة السطحية ، التى كانت مستعملة سابقا .

فى طريقة المزرعة المغمورة ، ينمى الميسليوم مغمورا فى البيئة ، مع توفير وسائل التقليب ، والتهوية بالهواء المضغوط المعقم .
ويتم التخمير ، خلال عدة أيام ، على درجة ٢٥ - ٣٠°م . ويتكون الحامض طبقا لنظام دورة حامض الستريك (شكل ٨-٦) ، حسب المعادلة العامة التالية

$$C_6H_{12}O_6 + 1.5\ O_2 \xrightarrow{\text{إنزيمات الفطر}} CH_2COOH\text{-}C(OH)(COOH)\text{-}CH_2COOH + 2\ H_2O$$

جلوكوز — ستريك

تبلغ نسبة الانتاج ، حوالى ٦٠ - ٨٠ جم حامض ستريك لامائى لكل ١٠٠ جم جلوكوز بالبيئة . حامض الستريك الناتج من المخمر ، يبلور بالتركيز ، أو يفصل على هيئة ملح كالسيوم ، بواسطة كربونات الكالسيوم، ثم يفصل الستريك من سترات الكالسيوم ، بإضافة حامض الكبريتيك ، ويبلور .



شكل ٨-٦ : إنتاج الأحماض العضوية بواسطة الفطريات (دورة حامض الستريك) ، لاحظ تركيز أيون الإيدروجين (pH) ، المناسب لإنتاج كل حامض .

الإنزيمات

تستطيع كثير من المجهريات ، كالبكتريا والخمائر والفطريات ، تكوين كميات كبيرة من الإنزيمات ، وإفرازها خارج خلاياها ، فى الوسط البيئى المحيط بها . ويمكن فصل هذه الإنزيمات ، من المزارع النامية بها ، وتركيزها وتنقيتها ، للإستفادة منها .

ونظرا لأن طرق فصل ، وتنقية الإنزيمات الميكروبية ، صعبة ومكلفة إقتصاديا ، فإنه من المعتاد ، وجود خليط من الإنزيمات فى أى مستحضر صناعى لها ، ولذلك ، فإن معظم هذه الإنزيمات ، يستعمل خاما Crude .

أنواع الإنزيمات الأساسية ، المستعملة صناعيا ، هى الأنواع الخاصة بالتحلل المائى ، والتى من أهمها : الأميليز Amylase ، والبروتييز Protease.
ويتكون الأميليز التجارى ، من خليط من ألفا ، وبيتا أميليز ، وهو محلل للنشا ، ويستعمل فى الأغذية ، وفى عملية تسكير النشا ، وفى صناعة النسيج ، والورق ، وفى بعض الصناعات الدوائية .

أما البروتييز ، فهو خليط من الإنزيمات ، مثل البروتييز والببتيديز ، التى تحلل البروتين ، إلى ببتيدات ، وأحماض أمينية ، ويستعمل البروتييز فى الصناعات الغذائية ، وفى الدباغة، والمنسوجات ، وفى ترويق البيرة ، وفى المغاسل لتنظيف البقع .

وتحضر إنزيمات الأميليز والبروتييز صناعيا ، باستخدام البكتريا والفطريات (جدول ٨-٣ و ٨-٤) .

أميليز وبروتييز البكتريا

يستخدم فى الإنتاج سلالات منتخبة من بكتريا B. subtilis . وتنمى السلالة المنتخبة فى بيئة سائلة معقمة ، محتوية على مادة كربوهيدارتية مناسبة ، وبروتين ، وأملاح معدنية . ويتم الإنتاج بطريقة المزرعة السطحية، أو المغمورة ، مع التحضين على درجة ٢٥ - ٣٧°م ، لعدة أيام ، تحت شروط هوائية .

بعد إنتهاء التحضين ، تفصل البكتريا من المزرعة بالترشيح ، أو بالطرد المركزى ، ثم تركز الإنزيمات تحت تفريغ ، وتستعمل الإنزيمات بهذه الصورة الخام ، أو يعاد إستخلاص الإنزيمات ، بالمواد الكيميائية ، ثم تركز، وتنقى بالديلزة* ، أو التكثيف ، أو بالترسيب على مراحل ، وترسب ، وتجفف، وتسوق .

أميليز وبروتييز الفطريات

تستخدم سلالات منتخبة من فطر A. oryzae , Aspergillus niger ، للحصول على إنزيم الأميليز ، وتستخدم سلالات من فطر A. aureus , Aspergillus wentii ، للحصول على البروتييز .

تلقح كونيديات السلالة الفطرية المنتخبة ، فى البيئة المعقمة المناسبة ، والتى أساسها نخالة القمح ، أو رجيع الأرز ، المبللة بالعناصر الغذائية ، وذات pH مناسب لنمو الفطر ، وإنتاج الإنزيم .

(*) الديلزه Dialysis ، هى فصل المواد الذائبه من مادة غروية ، بطريقة الإنتشار Diffusion ، خلال غشاء شبه منفذ .

ويتم الإنتاج ، بطريقة المزرعة السطحية أو المغمورة ، مع التحضين على درجة ٣٠°م ، لعدة أيام ، تحت شروط هوائية .

يستخلص الإنـــزيم ، من النخالة النامى عليها الميسليوم ، بواسطة الماء ، أو مذيب مناسب ، ويرشح المحلول الناتج ، ويستعمل المستخلص بهذه الصورة الخام ، أو تستخلص الإنزيمات من المترشح بالترسيب بكبريتات الأمونيوم ، ثم تركز الإنزيمات ، وتنقى ، وترسب ، وتجفف ، وتسوق .

المضـــادات الحيويـــة Antibiotics

مقدمـــة

فى أوائل الأربعينات ، بدأت محاولات الإنتاج التخميرى للمضادات الحيوية ، بإنتاج البنسلين . ومنذ ذلك التاريخ ، أخذت تكنولوجيا التخمرات فى التطور بشكل مثير ، وقد شمل ذلك تحسين البيئات المزرعية ، وتقدم طرق عزل ، وإنتخاب السلالات الميكروبية المناسبة ، وتطوير طرق التخمير بإستخدام المزارع المغمورة ، وإنتاج أجهزة التخمير المزودة بكل وسائل التحكم ، وتطور طرق إستخلاص ، وتنقية نواتج التخمير .

ونتيجة لهذا التطور ، فى تكنولوجيا التخمرات ، تزايد الانتاج من ١,٨ كجم من البنسلين عام ١٩٤٣ ، إلى حوالى ١٠ آلاف طن من المضادات عام ١٩٨٢ ، فى بلد واحد كالولايات المتحدة . وبفضل هذا التطور ، فقد أصبحت الصناعات التخميرية الدوائية ، ذات أسس ثابته ومستقرة ، لايحتمل أن تتأثر بالإنتاج التخليقى لمنتجاتها ، كما حدث لصناعات تخميرية أخرى ، مثل : الأسيتون ، والبيوتانول ، وحامض الخليك ، وكحول الإيثانول .

وتعتمد اقتصاديات الإنتاج ، على استعمال مخمرات ، لاتقل سعتها عن ١٠٠م٣ ، مزورة بالآت تحكم بالغة الدقة ، مع استخدام أجهزة استخلاص عالية الكفاءة .

الكائنات المجهرية والمضادات الحيوية

المضادات ، نواتج ثانوية ، من نواتج التمثيـل الغـذائى للميكروبـات Secondary metabolites ، لأن تمثيلها غير مرتبط بنمو الميكروب .

وتلعب الكائنات المجهرية ، دورا مميزا فى إنتاج المضادات الحيوية، فأكثر من ٨٥٪ من المضادات ، التى تم التعرف عليها ، تكونها الميكروبات، فحوالى ٦٠٪ ينتج من الأكتينوميسيتات ، و ١٠٪ من البكتريا ، و ١٠٪ من الفطريات ، والباقى من كائنات أخرى .

وتتباين الأحياء المجهرية فى تكوينها للمضادات ، فبعض الميكروبات تستطيع أن تفرز أكثر من نوع من المضادات ، مثل فطر Aspergillus fumigatus الـذى يفـرز كـل مـن : Fumigacin , Fumigatin & Gliotoxin .

وهناك بعض المضادات ، التى يفرزها أكثر من ميكروب ، مثل البنسلين ، الذى يكونه كل من

Penicillium notatum , P. chrysogenum & Aspergillus flavus

وتستطيع المضادات ، أن تثبط ، أو تقتل الأحياء المجهرية ، ومدى تأثير المضادات في ذلك يختلف ، فبعضها يؤثر على ميكروبات محددة ، والبعض يؤثر على أنواع ميكروبية متعددة ، وتسمى هذه ، مضادات ذات مجال متسع Wide spectrum .

وقد أكتشف فعلا ، مايزيد عن ٣٠٠٠ مضاد ، غير أن المستعمل منها فى العلاج ، لايتجاوز ٥٠ نوعا ، لأن أغلبها له تأثير ضار على الخلايا الحيوانية ، ومثل هذه المضادات ، قد تستعمل فى علاج أمراض النبات ، أو فى بعض الأغراض الصناعية .

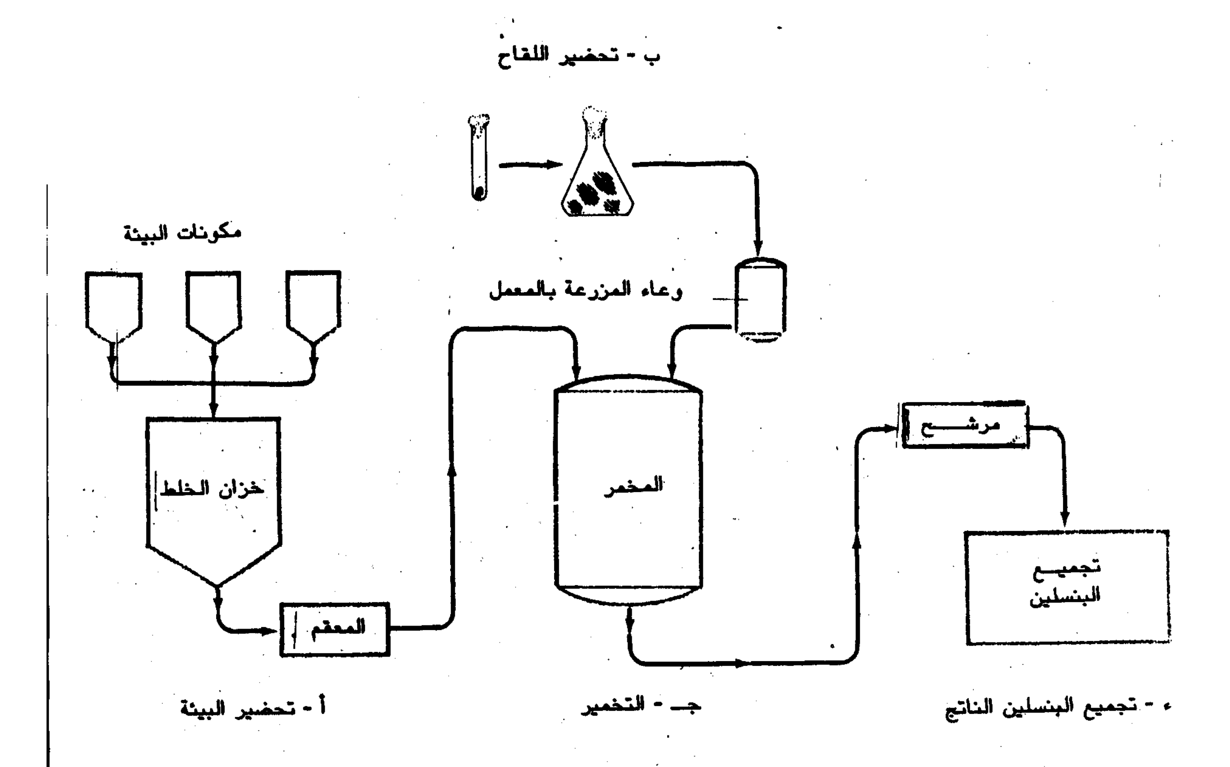
وتعتبر البنسلينات والتتراسيكلينات ، من أكثر المضادات استعمالا فى الطب العلاجى ، ولذا ، فهى تشكل الإنتاج الأساسى العالمى ، من المضادات الحيوية . وتتميز البنسلينات بإنخفاض سميتها ، لأن تأثيرها الفارماكولوجى، يقتصر على منع تكوين جدر الخلية البكتيرية ، ولاتأثير لها على الخلايا الحيوانية .

أما تأثير التتراسيكلينات ، فيتركز فى التداخل فى أنظمة الخلية الحيوية ، ومنع تكوين بروتين خلية البكتريا ، ولها أيضا نفس التأثير ، بتركيزات أعلى ، على بروتين الخلايا الحيوانية ، ولذلك ، تكثر أعراضها الجانبية .

البنسلين Penicillin

تستخدم الكائنات الحية فى إنتاج المضادات الحيوية ، وتختلف الطرق الصناعية المستخدمة فى الإنتاج ، بإختلاف المضاد الحيوى المنتج . وسنأخذ البنسلين كمثل لانتاج المضادات .

تتلخص خطوات إنتاج البنسلين ، وكما هو موضح فى الشكل (٨-٧)، فى الآتى :



شكل ٨-٧ : رســـم تخطيطى لإنتاج البنسلين

أ - البيئـــة

تستخدم بيئة تحتوى على ، سائل منقوع الذرة* ، Corn steep liquor، لاكتوز ، أملاح معدنية ، ومواد أخرى ممهدة ** Precursors . يضبط الـ pH عند ٥,٥ ، تخلط البيئة ، وتعقم ، وتبرد ، وتضخ إلى المخمر .

ب- الفطر وبناء اللقاح

تستخدم سلالة نقية منتخبة من الفطر Penicillium chrysogenum ، لها القدرة العالية على الإنتاج .

ولبناء اللقاح ، ينقل الفطر مع التحضين ، من الآجار المائل ، إلى بيئة نخالة القمح ، ثم ينقل معلق جراثيم الفطر ، إلى وغاء معقم ، به بيئة التخمير ، وبذلك يتكون اللقاح ، الذى يستعمل لتلقيح المخمرات ، مع مراعاة تجنب التلوث ، أثناء بناء اللقاح ، وأثناء التخمير .

(*) سائل منقوع الذرة
محلـــول داكن اللـــون ، شرابى القوام ، متخلف ثانوى فى صناعة النشا من الذره ، بـــه حـــوالى ٥٠٪ مادة صلبه ، ويستعمل فى الصناعة بعد تعديل تركيبه وترشيحة كمصـــــدر للكربـــون (به حوالى ٦٪ ، مقدرة فى صورة جلوكـــوز) ، والنتـــــروجين (به حوالى ٣ - ٤٪ نتـــروجين ، فى صـــورة أحمـــاض أمينية وببتيدات) ، وكمصدر للمواد المنشطة للنمو ، مثل فيتامين ب المركب، ورقمة الإيدروجينى حوالى ٤,٠ . ويعتبر منقـــــوع الذرة من أفضل المصادر الغذائية لإنتاج المضادات الحيوية .

(**) المـــادة الممهدة Precursors
يضاف للبيئة ، موادا ممهدة (مهيئه) Precursors ، لتخليق المنتج المطلوب ، فهذه المواد ، تعمل كنقطة بداية فى تكوين المضاد ، وبذلك تشجع الفطر على زيادة إنتاج البنسلين . ويوجد من هذه المواد ، عدة مركبات منها

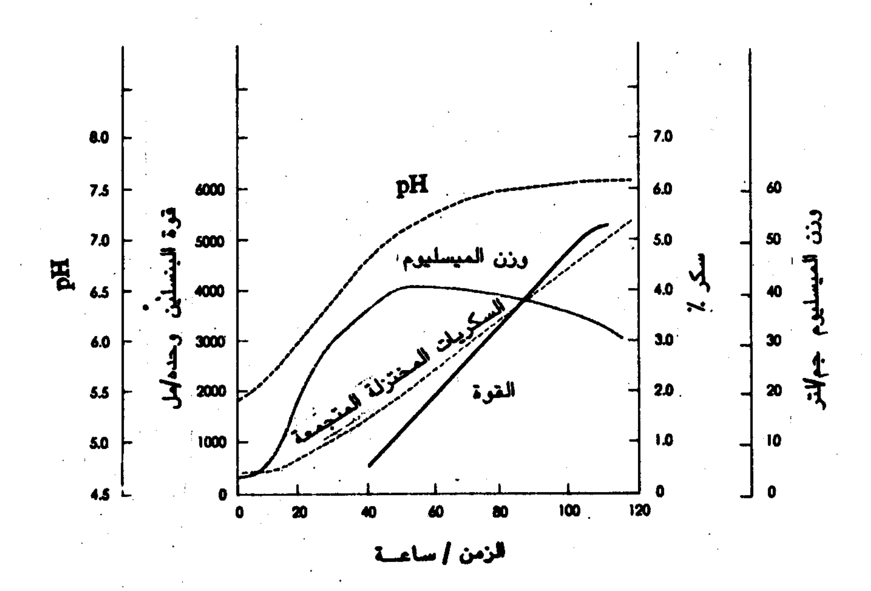
Phenyl acetic acid , Phenyl acetamide , Phenoxy acetic acid

ويؤثر المركب المضاف للبيئة ، على نوع البنسلين المتكون

جـ - تلقيـــح بيئة المخمر ، والإنتاج

تلقح البيئه باللقاح ، بمعدل ٥٪ من حجمها ، ويتم الإنتاج بطريقة المزرعة المغمورة ، مع التهوية بهواء مضغوط معقم ، والتقليب خلال فترة التخمير . ويتم التخمير ، خــــلال عدة أيام ، على درجـــة ٢٢ - ٢٧°م (شكل ٨ - ٨) .

طريقة المزرعة المغمورة ، هى المستعملة الآن صناعيا فى الإنتاج . فهى تعطى كمياتا أكبر من البنسلين ، فى زمن أقصر ، وتحتاج لمساحات ومعدات أقل ، وذلك إذا ما قورنت بالطرق السطحية ، التى كانت متبعة قديما، فى الإنتاج .



شكل ٨-٨ : التغيرات البيوكيميائية التى تحدث بالمخمر أثناء إنتاج البنسلين

٥ - تجميع البنسلين الناتج

بعد إنتهاء التخمير ، ترشح المزرعة لفصل الميسيليوم : ثم يؤخذ الراشح ويستخلص منه البنسلين ، بالمنيبات العضوية ، ثم ينقى بالترسيب ، وتعاد الإذابة والترسيب والترشيح ، ويركز البنسلين، ويبلور، ويجفف، ويعبأ.

ويتجه الإنتاج الآن ، إلى زيادة إنتاج أنواع البنسلين ، التى يتم تداولها عن طريق الفم . وتمثل هذه الأنواع حوالى ٥٠٪ ، من الإستهلاك الكلى للبنسلين ، فى بعض البلاد .

الخواص والإستعمال

البنسلينـات ، عبـارة عن أمـلاح صوديـوم أو بوتاسيوم ، لحـامض 6 - amino - penicillanic acid (نـواة البنسلين) ، وتختلف البنسلينات فيما بينها ، حسب نوع مجموعة الـ Acyl ، المكونة للسلسلة الجانبية للحامض. ويحدد هذه السلسلة ، فى البنسلينات الطبيعية نوع المادة الممهدة Precursor، المضافة لبيئة التخمير . وقد أمكن أيضا ، بالمعالجة الكيميائية للبنسلين النقى ، الناتج من التخمير ، تغيير مجموعة الأسايل ، وإنتاج أنواع جديدة من البنسلينات ، كالأمبيسلين ، ذات أهمية علاجية كبيرة .

عموما ، فإننا نجد أن البنسلين المنتج تخميريا ، عبارة عن خليط من ستة أنواع ، وذلك حسب نوع السلسلة الجانبية لنواة البنسلين (شكل ٨-٩). وأهم هذه الأنواع ، بنزايل البنسلين Benzyl penicillin ، وإسمه الشائع Penicillin G ، وهو المقصود عند ذكر كلمة بنسلين .

البنسلين قابل للذوبان فى الماء ، وهو يؤثر على البكتريا الموجبة لجرام، بتثبيطه للإنزيمات ، المسئولة عن ربط مكونات معقد الببتيدوجلوكان، المكون لجدار خلية البكتريا ، وبذلك ، فإنه يوقف تكوين الجدار ، فى خلايا البكتريا حديثة التكوين ، التى تنفجر وتموت ، فى الوسط سوى الأسموذية Isotonic .

يمتاز البنسلين ، بقلة سميته لخلايا الإنسان والحيوان ، غير أنه يسبب حساسية شديدة لبعض الأشخاص ، كما تتكون نتيجة للعلاج الطويل بالمضـادات ، سلالات من الميكروبات المرضية ، مقـاومة للمضادات Resistant strains ، وهذه ، تأتى نتيجة تكون طفرات جديدة مقاومة للمضادات ، أو نتيجة لوجود بلازميد (من النوع الذى يحمل عامل المقاومة R factor) ، حيث يحمل هذا البلازميد ، الجينات التى تكون الإنزيمات ، التى تغير من تركيب المضاد ، فيفقد المضاد تأثيره ، كمضاد حيوى .

Penicillin core

6-Aminopenicillanic acid

Penicillin G
Benzylpenicillin

Penicillin V
Phenoxymethylpenicillin

Penicillin F
Δ^2-Pentenylpenicillin

Ampicillin
6[D (—) α-Aminophenylacetamido]-penicillanic acid

شكل ٨-٩ : بعض أنواع من البنسلينات ، يتضح بها نواة البنسلين الأساسية **6 - amino penicillanic acid** ، والسلاسل الجانبية ، التى تختلف من نوع لآخر ، وتعطى لكل نوع مميزاته الخاصة

بنسلين G : يستعمل حقن تحت الجلد ، أو فى العضل ، وينتج بالتخمير

بنسلين V : يستعمل عن طريق الفم ، لأنه مقاوم لتأثير حموضة المعدة ، وينتج بالتخمير

Ampicillin : يستعمل عن طريق الفم ، لأنه مقاوم لحموضة المعدة ، وذو مجال متسع ، وينتج بالتخليق الكيميائى

إنتاج المضادات الأخرى

تنتج المضادات الأخرى ، بإستخدام طرقا مشابهة لإنتاج البنسلين . وتتركز الإختلافات ، فى نوع الميكروب المستخدم فى الإنتاج ، وتركيب البيئة ، وطرق الإستخلاص . ويستعمل بعض المنتجين ، نفس أجهزة تخمير البنسلين، لإنتاج أنواع مختلفة من المضادات .

وجدول (٨-٥) ، يبين خواص ، وإستعمالات بعض المضادات المنتجة ، بواسطة الميكروبات .

جـدول ٨-٥ : خواص وإستعمالات بعض المضادات المنتجة بواسطة الميكروبات

المجموعـة الكيميائية	اسـم المضـاد الشائع (والتجارى)	الميكروب المنتج	الميكروبات المتأثرة	طريقة التأثير
Aminoglycosides	Streptomycin	Streptomyces griseus	بكتريا جرام موجب، جرام سالب، والصامدة للأحماض	تثبيط عمل الرايبوسوم 50S
	Neomycin (Flavomycin)	S. fradiae	مثـل الإستـربتوميسين	تثبيط عمل الرايبوسوم 50S
	Kanamycin (Kantrex)	S. kanamyceticus	مثـل الإستـربتوميسين	تثبيط عمل الرايبوسوم 50S
B-Lactams	Penicillins*	P. chrysogenum	البكتريا الموجبة لجـرام	منـع تكوين جدار الخلية
	Ampicillin*	P. chrysogenum	البكتريا السالبة لجـرام	منـع تكوين جدار الخلية
Benzene derivative	Chloramphenicol** (Chloromycetin)	S. venezuelae	ذات مجال ميكروبى متسع بكتريا موجبة وسالبة ، وريكتسيا ، وبعض الفيروسات الكبيرة	تثبيط عمـل الرايبوسوم
Cyclohexane	Cycloheximide (Actidione)	S. griseus	الفطريـات المترممة	تثبيط تكـوين DNA

تـــابع جـــدول ٨-٥ :

المجموعـــة الكيميائية	اســـم المضـــاد الشائع (والتجارى)	الميكروب المنتج	الميكروبات المتأثرة	طريقـــة التأثير
Heterocyclic-oxygen compounds	Griseofulvin (Grifulvin)	P. griseofulvin	الفطريـــــات الممرضة	إتلاف الغشاء السيتوبلازمى
Macrolides	Erythromycin (Erythrocin)	S. erythraeus	البكتريا الموجبة لجرام	تثبيط عمل الرايبوسوم 50S
	Carbomycin* (Magnamycin)	S. halstedii	البكتريا الموجبة لجرام	تثبيط عمل الرايبوسوم 50S
Phenazine	Pyocyanin	Ps. aeruginosa	أنـــــواع عـــديـــدة	تثبيط عمليـــــة التنفـس (لايستعمـــل طبيـــا)
Polyenes	Amphotericin (Fungizone)	S. nodosus	Candida sp.	تثبيط عمـــــل استرولات الغشـــاء السيتوبـــلازمى
	Nystatin	S. noursei	الفطـريـــات الممرضة والكــــانديدا	تثبيط عمـــــل استرولات الغشـــاء السيتوبـــلازمى
	Fumagillin	Aspergillus fumigatus	بروتوزوا الدوسنتاريا	تثبيط نفــــانية الغشــــاء السيتـــوبــــلازمى

تابع جدول ٨-٥ :

المجموعة الكيميائية	اسم المضاد الشائع (والتجارى)	الميكروب المنتج	الميكروبات المتأثرة	طريقة التأثير
Polypeptides	Polymyxin G* (Aerosporin)	B. polymyxa	البكتريا السالبة لجرام	إتلاف الغشاء السيتوبلازمى
	Bacitracin *, P	B. subtilis	البكتريا الموجبة لجرام	منع تكوين جدار الخلية
	Subtilin P	B. subtilis	البكتريا الموجبة لجرام	منع تكوين جدار الخلية
	Gramicidin*	B. brevis	البكتريا الموجبة لجرام	تثبيط الفسفرة التأكسدية
Tetracylines	Tetracycline** (Achromycin)	S. aureofaciens	ذات مجال ميكروبى متسع بكتريا موجبة وسالبة وريكتسيا، وبعض الفيروسات الكبيرة	تثبيط تكوين البروتين
	Oxytetracycline (Terramycin)	S. rimosus	" " "	" " "
	Chlortetracycline** (Aureomycin)	S. aureofaciens	" " "	" " "

* : كثير من هذه المضادات، عبارة عن خليط لعدة أنواع ، مثل بنسلين F , G , K , V , X ، وبوليمكسين A , B , C , D

** : تصنع هذه المضادات الآن بالتخليق الكيميائى

P : يستعمل هذا المضاد خارج الجسم ، لأن تأثيره الداخلى سام

ميكروبيولوجيا البترول Petroleum microbiology

ترتبط الكائنات الدقيقة بالبترول ، من حيث : تكوينه ، واستخلاصه، وتحلله ، واستعماله . وتتطلب الدراسات فى هذا المجال ، التعاون الوثيق بين المتخصصين فى مجالات عديدة ، منها علوم الميكروبيولوجيا ، الكيمياء ، الفيزياء ، الهندسة ، والجيولوجيا .

ويمكن تلخيص ، بعض النواحى المتعلقة بميكروبيولوجيا البترول ، فى النقاط التالية

تكـــوين البتـــرول Petroleum formation

تتكون معظم المواد الرسوبية ، فى الأوساط البحرية ، من خلايا ميكروبية ميتـــه . وكذلك ، تتعرض هذه المواد المترسبة ، لتحولات بيوكيميائية ، تتم بواسطة مجموعات عديدة من الأحياء المجهرية . وتؤثر هذه العمليات على عملية تكوين ، وإنتاج البترول ، حيث يحتوى البترول الخام، على هيدروكاربونات عديدة ، مع مركبات أخرى من النتروجين ، والكبريت ، والفوسفور ، وبعض العناصر الأخرى ، الناتجة من تحلل المواد العضوية .

وتحتوى تربة المناطق المحتوية على البترول Petroleum reservoir ، على أبخرة من هيدروكاربونات ، مثل الميثان ، والإيثان . وهذه يمكن الكشف عنها ، بإستعمالها كمصادر كربونية ، تضاف لبيئة مناسبة ، تحتوى على العناصر الغذائية الأخرى اللازمة ، عدا تلك المصادر الكربونية، المطلوب الكشف عنها . وتختبر البيئة ، بتنمية الميكروبات عليها .

كما أن عزل أعداد كبيرة من المجهريات ، المؤكسدة للهيدروكاربونات كمصدر للكربون والطاقة ، من هذه الأراضى ، يؤخذ كدليل على وجود رواسب بترولية .

إستخـــلاص البتـــرول Petroleum recovery

عند حفر بئر بترول ، فإن إنسياب البترول فى البداية ، من الصخور الممسوك بها ، يتم نتيجة للضغط الموجود بين الصخور . وباستمرار الإستخلاص ، ينخفض الضغط ، ويقل إنسياب البترول ، فيضغط الماء أو بخار الماء ، لإجبار زيت البترول على الصعود إلى السطح .

وهنا ، يمكن أن يلعب النشاط الميكروبى ، دورا فى استخلاص زيت البترول ، الممسوك فى الصخور . على سبيل المثال ، فإن حقن البكتريا بالتربة ، يؤدى إلى تكوين أحماض ، تساعد على إذابة الصخور ، كما يساعد الحقن البكتيرى ، على تقليل لزوجة زيت البترول ، فينساب زيت البترول الممسوك فى الصخور .

تحلل البترول Petroleum destruction

توجد مجموعات كبيرة من الميكروبات ، التى تحلل هيدروكاربونات البترول . فبعضها ، كما ذكر سابقا بالفصل الخامس صـ ٩٦ ، يؤكسد غاز الميثان ، Methylotrophic bacteria ، ومنها مايؤكسد غاز الإيثان ، مثل أنواع تابعة لأجناس Pseudomonas , Mycobacterium ، ومنها مايؤكسد مركبات الهيدروكاربون ، كالجازولين ، مسببة فساد البترول ، وتثقب خزانات الوقود فى السيارات ، والطائرات ، نتيجة تكون أحماض ، ومن هذه الأنواع المفسدة

بكتريا ، مثل Achromobacter , Alcaligenes , Pseudomonas , Sarcina

وفطريات ، مثل Aspergillus , Monilia

ومن المشاكل الكبيرة ، التى تقابل صناعة البترول ، تآكل Corrosion أنابيب البترول المصنوعة من الحديد ، بواسطة البكتريا المختزلة للكبريت مثل Desulfovibrio spp. ، التى تختزل الكبريت إلى H_2S ، وهذا يتفاعل مع حديد الأنابيب ، فتتآكل .

ويحدث بالملاحة الدولية ، وقوع بعض حوادث لناقلات البترول ، فينساب البترول بكميات كبيرة فى البحار ، وتتكون بقعا ضخمة ، من زيت البترول ، تسبب تلوثا خطيرا بالبيئة . ومن طرق التخلص من تلك البقع الزيتيه ، إستعمال الطرق البيولوجية ، التى أخذ إستعمالها يتزايد باستمرار. ويتم ذلك بتلقيح بقع الزيت ، بميكروبات لها القدرة على تحليله ، وقد أمكن بالهندسة الوراثية ، الحصول على سلالات فعاله جدا من Pseudomonas putida، لها القدرة على تحليل المجموعات الأربعة الرئيسية ، لهيدروكاربونات البترول وهى Camphar , octane , xylene and naphthalene ، وبذلك يمكن التخلص من الآثار الضارة لبقع زيت البترول .

References

Crueger, W. and A. Crueger (1982). Biotechnology : A text-book of industrial microbiology. Sinauer Associates Inc., Sunderland, Mass., USA.

Hugo, W.B., and A.D. Russell (eds.) (1977). Pharmaceutical microbiology. Blackwell Scientific, Oxford.

Reed, G. (ed.) (1982). Prescott and Dunn's industrial microbiology. AVI Publishing Co. Inc., Westport, Conn.

Underkofler, L. and C. Nash (eds.) (1984). Developments in industrial microbiology. Vol 25. Soc. Industrial Microbiology, Arlington, Va., USA.

Zahner, H. and W.K. Maas (1972). Biology of antibiotics. Springer - Verlag, New York.

الفصل التاسع

الميكروبيولوجيا والأمراض

- مقدمة
- أولاً : الفلورا (الميكروبات) الطبيعية للجسم
- ثانياً : العلاقات المتبادلة بين العائل والميكروب الممرض
- ثالثاً : المقاومةوالمناعة
- رابعاً : الأنتجينات والأجسام المضادة
- خامساً : بعض الأمراض الميكروبية التى تصيب الإنسان

الفصل التاسع

الميكروبيولوجيا والأمراض
Microbiology and diseases

مقـــدمـــة

يعتبر النصف الثانى من القرن التاسع عشر ، العصر الذهبى لعلم الميكروبيولوجى ، وذلك عندما اكتشف ، الكثير من العوامل المعدية ، أى المسببة للأمراض . وبفضل ما أنجز منذ ذلك التاريخ ، فقد أصبح الآن عملا روتينيا ، فى أى معمل ميكروبيولوجى ، عزل الميكروب المسبب للمرض ، فى مزرعة نقية ، ودراسة خواصه ، وسلوكه ، وطرق انتشاره ، ومعرفة طرق الوقاية منه ، وكيفية مقاومتة .

وقد أفادت معرفة العوامل المسببـــه للأمراض ، التى يتعرض لها كل كائن تقريبا ، ودراسة طرق التحكم فيها ، والوقاية منها ، وعلاجها ، إلى الإختفاء الكامل لبعض الأمراض المميته ، مثل الجدرى ، والدفتريا ، والطاعون ، أو إلى تقليل الإصابة بها ، كما فى حالة السل ، والتيفود ، والكوليرا ، والحمى القرمزية ، ويعود كل ذلك ، إلى معرفة الأسس المتعلقة بالميكروبات ، وما تسببه من أمراض ، وفهم العلاقات المتبادلة بين العائل والميكـــروب الممرض ، وهى المواضيع التى سنتعرض لها فى الصفحات التالية ، من هذا الفصل ، بأجزائه الخمسة .

الفصل التاسع
أولاً

الفلورا (الميكروبات) الطبيعية للجسم

- المحتوى الميكروبى الطبيعى للجسم
- فوائد الفلورا (الميكروبات) الطبيعية
- مصدر الميكروبات الطبيعية
- مميزات الميكروبات الطبيعية
- توزيع وانتشار الميكروبات الطبيعية
  - الجلد
  - العين
  - الجهاز التنفسى العلوى
  - الجهاز التنفسى السفلى
  - الفم
  - الأسنان
  - الجهاز المعوى
    - المعدة
    - الأمعاء الدقيقة
    - الأمعاء الغليظة
  - الجهاز البولى التناسلى
  - ميكروبات الفلورا الطبيعية [جدول ٩ (١)-٢]
  - أشكال ومميزات ميكروبات الجسم [شكل ٩ (١) -١]
- المراجع

الفصل التاسع - أولا

الفلورا (الميكروبات) الطبيعية للجسم
Natural flora

المحتوى الميكروبى الطبيعى بجسم الإنسان السليم
Microbial flora of the healthy human body

يوجد بالوسط المحيط بالإنسان ، أعداد وفيرة من الميكروبات ، بعضا منها ، يقطن بالجسم ، ويكون ما يعرف بالفلورا الطبيعية ، أو المحتوى الميكروبى الطبيعى Normal flora , Normal microbiota ، وهذا المحتوى ، خليط من كائنات مجهرية معينة ، غير أن أغلبها بكتريا .

وتقطن الميكروبات الجلد أساسا ، والأسطح الداخلية للجسم ، مثل الأغشية المخاطية لتجويف الفم ، والجهاز التنفسى العلوى ، والجهاز الهضمى ، والجهاز التناسلى . وكثير من تلك الميكروبات ، تتأقلم لدرجة كبيرة ، على الحياة فى هذه الأجزاء من الجسم .

تتضمن الميكروبات الطبيعية بالجسم ، الأنواع غير الضارة ، كما أن بعضها مفيد للعائل ، إذ توجد فى حالة تعاون مع الجسم ، قد تكون فى صورة تبادل منفعة Mutual association ، حيث يستفيد كل من الكائن والعائل من تلك العلاقة ، أو فى صورة معايشة Commensalism ، حيث يستفيد الكائن من علاقته بالعائل ، بينما لايتأثر العائل بتلك العلاقة .

وقد تتحول بعض الميكروبات ، الموجودة طبيعيا بالجسم ، إلى ميكروبات مرضية ، بسبب حدوث إصابة بالنسيج الذى تعيش فيه ، أو ضعف فى مقاومة الجسم للعدوى ، وقد لوحظ فى السنوات الأخيرة ، زيادة حالات العدوى ، الناتجة من الميكروبات ، الموجودة طبيعيا بالجسم .

فوائد الفلورا (الميكروبات) الطبيعية

من الفوائد ، التى تعود على الجسم من وجود الميكروبات النافعة ، أنها تستطيع إستخدام الفضلات ، والتغذية عليها ، فتقلل بذلك ، من ضرر تراكمها بالجسم ، كما يحدث مع كثير من بكتريا الأمعاء ، إذ أن الميكروبات بطبيعتها كانسة للفضلات Scavengers .
كما يستطيـــع الكثيـــر من بكتريا الأمعـــاء ، تكوين فيتامينات مثل B, E, K ، وبذلك تسد جزءا كبيرا من إحتياجات الجسم من هذه الفيتامينات.

ولبعض الميكروبات الطبيعية بالجسم ، القدرة على تثبيط نمو بعض الميكروبات الأخرى ، ومنها المرضية ، وبذلك تعمل الميكروبات الطبيعية ، على حماية الجسم من الأمراض . ويتم ذلك بوسائل عديدة ، منها موت الميكروبات الضارة ، لعدم قدرتها على المنافسة ، فى الحصول على العناصر الغذائية ، ومنها تكوين الميكروبات الطبيعية لمضادات حيوية ، ونواتج تمثيلية مضادة للميكروبات الضارة ، كالأحماض العضوية ، مثل الخليك واللاكتيك ،. وتوفير حموضة عالية بواسطة بكتريا حامض اللاكتيك فى المهبل ، تحميه من الإصابه ببكتريا السيلان ، وتكوين المادة البروتينية المسماة Colicin ، التى تفرزها E. coli القاطنه بالأمعـــاء ، والتى تقتل البكتريا المعوية المرضية ، القريبة الشبه ببكتريا E. coli .

مصدر الميكروبات الطبيعية (الفلورا الطبيعية)
Origin of the normal flora

جنين الإنسان السليم ، خالى من الميكروبات ، ويبدأ التلوث بالميكروبات منذ الولادة ، بالإلتصاق السطحى ، والبلع ، والاستنشاق ، ثم تنمو الميكروبات وتتكاثر بسرعة ، فى المكان الذى يناسبها ، سواء على السطح الخارجى ، أو الداخلى ، لجسم المولود الجديد ، وبذلك يتكون المحتوى الميكروبى الطبيعى للجسم .

ولكل جزء بجسم الإنسان ، محتواه الطبيعى من الميكروبات ، وذلك حسب الظروف البيئية الخاصة بذلك الجزء ، فعلى سبيل المثال ، نجد أن تجويف الفم ، يحتوى على أنواع متعددة من المجهريات ، تختلف فى بعضها، عن تلك الموجودة بالأمعاء ، أو بالجهاز التنفسى .

وبالإضافة إلى ذلك ، فإن المحتوى الميكروبى الطبيعى ، يختلف فى أعداده ، وأنواعه ، من فرد لآخر ، حسب نوع التغذية ، والظروف الصحية ، والعمر ، والنشاط ، والكثير من العوامل الأخرى الخاصة بالفرد ، وبالوسط الذى يعيش فيه .

مميزات الميكروبات الطبيعية (الفلورا الطبيعية)
Characteristics of the normal flora

يستطيع الكثير من أجناس الميكروبات الطبيعية ، الإلتصاق Adhere بسطح الخلايا ، المبطنة لأنسجة العائل (الخلايا الطلائية Epithelial cells) . وبذلك ، تمتاز ميكروبات الجسم الطبيعية عن غيرها ، فى أن لها القدرة ، على أن تستقر ، وتتكاثر ، وتكون مستعمرات Colonize بجسم العائل .

ويحدث الإلتصاق نتيجة للإرتباط ، بين جزيئات بسطح خلية الميكروب، وبين مستقبلات كيميائية Chemical receptors بخلايا جسم العائل ، ويشارك فى هذا الإلتصاق ، البروتينات ، والسكريات العديدة ، الموجودة بسطح الخلية الميكروبية ، وكذلك الزوائد ، التى تمتد من الخلايا الميكروبية ، مثل الشعيرات Pili .

ومن الطبيعى ، فإن لكل نوع ميكروبى ، وسيلة الإلتصاق الخاصة به ، وعادة ، فإن الميكروبات تلتصق بالجسم بتخصص ، بجزء دون آخر ، من أجزاء الجسم ، فعلى سبيل المثال ، فإن Streptococcus salivarius ، تلتصق أساسا بسطح اللسان ، بينما تلتصق Streptococcus mutans بسطح الأسنان .

من الظواهر التى تحدث أثناء الإلتصاق ، حدوث مايسمى بالتقشير Desquamation ، حيث تنفصل الخلايا المغلفة لسطح جسم العائل ، وتسقط كقشور ، وتستبدل بخلايا جديدة ، وفى بعض أجزاء الجسم ، تكون سرعة التقشير عاليه ، كما يحدث فى الجهاز الهضمى .

ومن بين نتائج عملية التقشير ، إستبعاد الميكروبات ، ضعيفة الإلتصاق بالخلايا المبطنة ، والتى لا تمثل المحتوى الطبيعى للجسم ، لأن الميكروبات التى تشكل المحتوى الطبيعى للجســـم ، لها قدرة كبيرة على الإلتصاق جيدا ، بالخلايا المبطنة الحديثه التكوين ، وبذلك ، تستمر فى الأماكن الملتصقة بها ، ولاتسقط مع عملية التقشير .

توزيع وإنتشار الميكروبات الطبيعية
Distribution and occurrence of the normal flora

تمثل البكتريا ، من حيث أعدادها ، وأجناسها ، المكون الأساسى للميكروبات الطبيعية ، القاطنة بجسم الإنسان ، وقد تتواجد أيضا الفطريات (خاصة الخمائر) ، والبروتوزوا ، ولكن بأعداد أقل بكثير من أعداد البكتريا. أما الفيروسات ، فليس من الواضح حتى الآن ، إذا كانت تتواجد بالجسم كمحتوى ميكروبى طبيعى ، أم لا ، وإن كانت بعض الفيروسات المعوية ، مثل Echoviruses وغيرها ، وجدت ، فى بعض الحالات ، حتى فى غياب الأعراض المرضية المميزة لها .

من حيث توزيع ، وإنتشار الميكروبات ، التى تمثل المحتوى الميكروبى الطبيعى Normal flora ، للأجزاء المختلفة من جسم الإنسان ، فهو كما يلى

الجلـــــد Skin

الطبقات السطحية من الجلد ، عبارة عن خلايا ميته ، وهى دائما فى حالة تعرض للميكروبات ، الموجودة بالوسط المحيط . ونظرا لأن الجلد ، يختلف فى التركيب ، والوظيفة ، بإختلاف المواقع المختلفة بالجسم ، فإن هذا الإختلاف ، يسبب ظروفا بيئية إنتقائية ، تحدد نوع وأعداد المجهريات، التى تتواجد فى كل موقع ، من مواقع الجلد .

عموما ، فإن السطح الخارجى للجلد السليم ، لايشجع على إستقرار ونمـــو الميكروبـــات ، وعلى سبيـــل المثـــال ، فإن البكتريا الممرضة Staphylococcus aureus عندما تتواجد على الجلد السليم ، لاتبقى حية لأكثر من عـدة ساعــات ، بينما تعيش لعدة أسابيع فى تراب الغرفة . كما أن الطبقات

السطحية من الجلد ، غير منفذة للميكروبات ، ولكن تلك الميكروبات تستطيع أن تنفذ للداخل ، عند حدوث خدش ، أو قطع ، أو حرق بالجلد .

ومن العوامل غير المشجعة ، على نمو الميكروبات على سطح الجلد: الجفاف ، وإنخفاض الرقم الإيدروجينى ، ووجود مواد مثبطه للميكروبات .

الجفـــــاف Dryness

الجفاف النسبى لسطح الجلد ، مثبط لنمو الميكروبات ، فإذا مازاد الجفاف ، فإن بعض أنواع البكتريا ، تموت فى خلال ساعات .

وتتميـــز بعض مناطق الجلد ، مثل جلد ما بين أصابع القدم ، وتحت الإبط ، وثنايا الفخذ والجذع ، بأن رطوبتها أعلى من رطوبة مناطق أخرى ، لذلك ، فإننا نجد أن المحتوى الميكروبى الطبيعى ، بجلد هذه المناطق الرطبة، أعلى بكثير ، (حوالى 10^6 / سم^2 جلد) ، من ذلك الذى بمناطق الجلد الجافة (حوالى 10^3 / سم^2) .

إنخفـــاض الرقم الإيدروجينى

يتراوح الرقم الإيدروجينى (pH) للجلد ، ما بين ٣ إلى ٥ . وهذا الرقم المنخفض ، يثبط نمو الكثير من الميكروبات . وتعود تلك الحموضة المنخفضة ، إلى ما يفرزه الجلد ، وما تفرزه الميكربات الطبيعية الموجودة على الجلد ، مثل Staphylococcus ، من أحماض عضوية ، مثل حامض اللاكتيك وغيره من الأحماض .

المواد المثبطه للميكروبات

يوجد على الجلد ، بعض المواد المثبطة ، أو القاتلة للميكروبات ، على سبيل المثال ، فإن الغدد العرقية Sweat glands ، تفرز إنزيم الليسوزيم ، الذى يحلل جدار خليه البكتريا ، فتموت نتيجة لذلك .

كما تفرز الغدد الدهنية Sebaceous glands ، ليبيدات معقدة ، تتحلل جزئيا بواسطة بعض البكتريا ، مثل Propionibacterium acnes ، وتتكـــون أحماض دهنية غير مشبعه ، طويلة السلسلة ، مثل أوليك oleic ، وهى مواد شديدة السمية ، لأنواع أخرى من البكتريا .

ورغم كل الظروف السابقة ، فإن بعض البكتريا ، تستطيع أن تنمو وتتكاثر على الجلد ، وفى طبقاته ، مكونه الفلورا الطبيعية ، أى المحتوى الميكروبى الطبيعى للجلد [جـدول ٩ (١) - ١] .

جدول ٩ (١) - ١: الميكروبات الشائـع وجـودها بالجلد

منطقة الجلد والميكروبات الشائعه بها	
الأدمـــه Dermis	البشـــرة Epidermis
Staphylococcus aureus	Staphylocossus aureus
Staph. epidermidis	Streptococcus
Diphtheroids (aerobic corynebacteria)	Propionibacterium acnes
G - ive bacilli	Fungi - saprophytic
Yeast	Fungi and Yeast - pathogenic
Soil organisms	Viruses

تتغـــذى ميكروبات الجلد ، على ما تفرزه الغدد العرقية ، والغدد الدهنية ، من ماء ، وأحماض أمينية ودهنية ، ويوريا وأملاح . وأغلب هذه البكتريا ، أنواع تابعة لجنس Staphylococcus (خاصة S. epidermidis) ، وكذلك Diphtheroids ، وهى Aerobic corynebacteria .

وفى الغدد الدهنية المتعمقة بالجلد ، نجـد بكتـريا لاهوائية محللة للدهون مثل Propionibacterium acnes ، وتعتبر هذه البكتريا ، من القاطنات الطبيعية للجلد، وهى بكتريا غير ضارة ، وإن كانت فى بعض الأحيان ، وجدت مرتبطة بمرض جلدى ، هو مرض حب الشباب الشائع ، Acne vulgaris disease ، الذى يصيب الغدد الدهنية للجلد ، ويسبب هذا المرض ، بثرات فى الجلد ، سوداء الرأس ، تنتج من إنتفاخ الغدد الدهنية وزيادة إفرازاتها ، وقد تسبب هذه البثرات ، إلتهابات وتقرحات ، ونتوءات بالجلد .

العيـــن Eye

غشاء الملتحمة Conjunctive ، غشاء رقيق ، يغطى كرة العين ، ويبطن الجفون ، وهو فى حالة غسيل مستمر ، بواسطة إفرازات الغدد الدمعية ، للدموع Lachrymal fluid ، التى تزيل الميكروبات ، علاوة على إحتوائها على إنزيم الليسوزيم ، وبالتالى ، فإننا نجد أن عدد الميكروبات بالملتحمة ، قليل، ومن الميكروبات ، التى تكون الفلورا الطبيعية بالملتحمة

- Staphylococcus aureus , Staphylococcus epidermidis
- Streptococcus pneumoniae
- Diphtheroids , Moraxella spp*., *Neisseria spp.

الجهاز التنفسى العلوى Upper respiratory tract

رغم أن الجهاز التنفسى العلوى (الجزء من الجهاز التنفسى ، الذى يقع أعلى الحنجرة Larynx) ، أكثر رطوبة من الجلد ، إلا أن الأغشية المخاطية التى تغلفه ، تمثل وسطا يصعب على كثير من الميكروبات التكاثر به ، فعندما يمر هواء الزفير وما به من ميكروبات ، من الممرات الأنفية ، والبلعوم الأنفى Nasopharynx (الجزء من البلعوم المتصل بالمسالك الأنفية)، فإن الكثير من الميكروبات ، يلتصق بالطبقة المبطنة لأسطح تلك الأجزاء ، وهى طبقة رقيقة رطبة ، ذات إفرازات مخاطية لزجة .

(*) هـــذه الأنـــواع تتبع مجموعة Moraxella - Neisseria group ، التى تشمـــل :
Acinetobacter , Branhamella , Moraxella and Neisseria
وهى بكتريا ، كروية ، أو عصوية قصيرة جدا ، سالبة لصبغة جرام ، غير متحركة ، غير متجرثمة

ومع حركة البلعوم الأنفى المتكررة ، وما عليه من أهداب ، تنساب الإفرازات المخاطية بما عليها من ميكروبات ، لأسفل باستمرار ، حتى تصل إلى المعدة ، حيث الحموضة العالية التى تقضى على الميكروبات ، وبالإضافة لهذه الإزالة الميكانيكية للميكروبات ، فإن مخاط الأنف يحتوى على إنزيم الليسوزيم ، المحلل لجدر البكتريا .

ورغم كل تلك الظروف ، فإن بعض الميكروبات ، تتواجد بالأنف والبلعوم الأنفى ، مكونة الفلورا الطبيعية بهذه الأماكن

ومن هذه البكتريا

- Staphylococcus aureus , Staphylococcus epidermidis
- Streptococcus spp.
- Diphtheroids (aerobic corynebecteria)
- Branhamella , Haemophilus , Neisseria spp.

ويرجع نجاح هذه البكتريا ، على النمو والتكاثر بتلك الأماكن ، إلى قدرتها الكبيرة ، على الإلتصاق بالخلايا الطلائية للأغشية المخاطية ، وبذلك، فإنها لاتزول ، مع تيار المخاط المتدفق لأسفل .

الجهاز التنفسى السفلى Lower respiratory tract

نتيجة للإزالة الميكانيكية للميكروبات ، من الجهاز التنفسى العلوى، مع حركة المخاط والأهداب ، فإن أسطح الأغشية المخاطية ، للقصبة الهوائية Trachea وفروعها ، وكذلك القصيبات Bronchi ، لاتحتوى على فلورا طبيعية. أما تلك البكتـــريا ، التى تستطيع أن تصل إلى الحويصلات الهوائية للرئه ، Alveoli , Air - sacs ، فإنها تهاجم ، بواسطة الخلايا اللاقمة الكبيرة ، المسماة Alveolar macrophage ، وتتحلل .

الفــم Mouth

يعتبر الفم ، وسطا مثاليا لنمو الميكروبات ، بسبب توفر الرطوبة، والمواد الغذائية الذائبة ، وبعض فضلات الغذاء . ومع ذلك ، فإن التدفق المستمر للعاب Saliva بالفم ، يسبب إزالة ميكانيكية لكثير من الميكروبات، التى تنزل إلى المعدة ، حيث تتحلل تلك الميكروبات ، بواسطة أحماض المعدة.
ومن العوامل الميكانيكية الأخرى ، التى تزيل الميكروبات من تجويف الفم ، عملية التقشير ، التى تحدث للخلايا الطلائية . وعلى ذلك ، فإن الميكروبات التى تبقى بالفم ، وتكون الفلورا الطبيعية به ، هى الميكروبات، القادرة على مقاومة عمليــــات الإزالة الميكانيكية ، بالإلتصاق القوى بسطح خلايا تجويف الفم Oral cavity .

ويتوقف عدد ، وأنواع الميكروبات ، المكونة للفلورا الطبيعية بالفم، على نوع الغذاء ، والحالة الصحية ، وكثير من الظروف البيئية .
ومن الميكروبات التى تتواجد بالفم ، الأنواع التابعة للأجناس التالية

- Staphylococcus
- Streptococcus , Lactobacillus
- Actinomyces , Neisseria , Veillonella
- Yeast

وتتواجد Streptococcus salivarius بأعداد كبيرة ، على السطح السفلى للسان ، ولهذه البكتريا قدرة عالية ، على الإلتصاق بالخلايا الطلائية. كما قد يوجد بالفم غير المنظف جيدا ، بكتريا لاهوائية متجرثمة ، تسبب ظهور روائح كريهه .

الأســـــان Teeth

حتى بدء ظهور الأسنان ، فإن الميكروبات الموجودة بالفم ، تكون هوائية وإختيارية . وبمجرد ظهور أول سنه ، يبدأ فى التواجد ، الميكروبات اللاهوائية حتما ، مثل الأنواع التابعة لأجناس Bacteroides , Fusobacterium ، لأن الأنسجة المحيطة بالأسنان ، توفر الظروف اللاهوائية ، لتلك الميكروبات.

تلتصق البكتريا بالأسنان ، ومن البكتريا التى توجد بكثرة على سطح الأسنان ، وتعتبر المسبب الرئيسى لتسوس الأسنان Dental caries ، بكتريا Streptococcus mutans . تكون هذه البكتريا إنزيم سطحى بخلاياها ، يسمى Glycosyl transferase ، يقوم بتحويل السكروز (وهو السكر المستعمل بكثرة فى الحلويـات) ، إلى فركتوز ، ومادة صمغية تسمى جلوكان . يربط الجلوكان البكتريا بسطح الأسنان ، ويتحول سكر الفركتوز والسكريات الأخرى ، بواسطة هذه البكتريا ، والبكتريا الأخرى التابعة لأجناس Lactobacillus , Streptococcus ، إلى حامض لاكتيك ، يحفر فى الأسنان ، ويسبب تسوسها ، وتآكلها ، بسبب تأثير الحامض ، على مادة كالسيوم الأسنان .

تتجمع المواد العضوية والبكتريا ، على سطح الأسنان ، مكونة لطبقة البلاك Dental plaque ، وهى تحتوى على أعداد مرتفعة من البكتريا ، تصل إلى حوالى ١٠^٨ خلية / ملليجرام من مادة البلاك .

وبالإضافة إلى أنواع البكتريا السابقة ، فإنه يوجد على الأسنان أيضا، أنواع من الأكتينوميسيس ، والسبيروكيتا ، والبكتيرويد ، والبروتوزوا ، التى تعيش فى حالة معايشة Commensalism ، مع الأسنان .

الجهاز المعـــوى Intestinal tract

المعـــدة Stomach

رغم أن المعدة تستقبل باستمرار ، أعدادا كبيرة من الميكروبات ، من التجويف الفمى ، إلا أن عصير المعدة بالإنسان السليم ، يحتوى عادة على عدد يقل عن ١٠ بكتريا / مل ، بسبب التأثير الحامضى القاتل ، لحامض الهيدروكلوريك الذى تفرزه المعدة، (الرقم الإيدروجينى بالمعدة حوالى ٢,٠). والأعداد البكتيرية القليلة الموجودة بالمعدة ، أغلبها Lactobacilli ، وخمائر مثل Candida ، وهى أنواع متحملة للحموضة .

بعد تناول الطعام ، يزيد عدد البكتريا بالمعدة من ١٠^٣ إلى ١٠^٦ / جم محتويات ، ثم سرعان ما ينخفض العدد ، بمجرد إفراز العصارات المعوية ، وانخفاض الرقم الإيدروجينى لعصير المعدة .

الأمعاء الدقيقـــة Small intestine

تمثل الأمعــــاء الدقيقة ، مرحلة إنتقال وسطية ، فى المحتوى الميكروبى ، ما بين المعدة والأمعاء الغليظة ، ويحتوى الجزء الأول من الأمعاء الدقيقة ، وهو الإثنــى عشـــر Duodenum ، على أعداد قليلة من البكتريا ، عادة حوالى $١٠^{٣}$ / مل عصير معوى ، وأغلبها بكتريا موجبة لصبغة جرام ، كروية ، وعصوية .

وفى الجزء الأوسط من الأمعاء الدقيقة (الصائم Jejunum) ، يوجد أنواع من

Diphtheroids , Enterococci (Streptococci) , Lactobacilli , Yeast (Candida sp.)

ويزداد عدد البكتريا بعد ذلك ، فى الأجزاء التالية من الأمعاء الدقيقة، بإزدياد الرقم الإيدروجينى ، وفى الجزء الأخير من الأمعاء الدقيقة ، تبدأ الفلورا الموجودة بها ، تتشابه مع تلك الموجودة بالأمعاء الغليظة ، حيث تتواجد الإنتروباكتريا ، والبكتريا اللاهوائية بأعداد كبيرة .

الأمعـــاء الغليظـة Large intestine

يحتـــوى القولون Colon بجسم الإنسان ، على أكبر عدد من الميكـروبات ، حيث يصـــل العـــدد فى بـراز الأنسان السليم ، إلى حوالى $١٠^{١١}$ / جم وزن طرى ، وهى تمثل أكثر من ٣٠٠ نوع . وتشكل الميكروبات حوالى ٥٠٪ من وزن البراز الجاف .

وتـــوجد عوامل عديدة ، تعمل على إزاحة الميكروبات ، من الأمعاء الغليظة ، إلى البراز ، منها حركة الأمعاء ، وحركة محتوياتها المستمرة ، وعملية تقشير الخلايا الطلائية الملتصقة بها الميكروبات ، والإفرازات المخاطية ، التى تحمل معها باستمرار الميكروبات ، إلى البراز .

عموما ، فإن مكونات وأعداد الفلورا الطبيعية ، الموجودة بالأمعاء ، تتأثر بمجموعة من العوامل ، منها التغذية ، الجوع . تعرض محتويات الأمعاء للحركة الشديدة كحدوث إسهال ، وتناول المضادات الحيوية .

وقد يؤدى العلاج الطويل بالمضادات الحيوية ، إلى إزالة الكثير من الميكروبات المعوية النافعة ، وتكوين سلالات منيعة من الميكروبات للمضادات .

ومن الفلورا الطبيعية الموجودة بالأمعاء الغليظة

- بكتريا لاهوائية ، سالبة لصبغة جرام ، مثل Bacteroides , Fusobacterium
- بكتريا لاهوائية ، أو محبة لكميات قليلة من الهواء ، موجبة لجرام ، مثل Bifidobacterium , Clostridium , Eubacterium , Lactobacillus , Streptocossus
- بكتريا إختيارية للهواء ، سالبة لصبغة جرام ، مثل Escherichia , Enterobacter , Proteus , Klebsiella
- خمائر ، مثل Candida albicans
- بروتوزوا

لوحظ أن بعض أنواع من البروتوزوا ، غير الضارة ، توجد فى حالة معايشة مع القولون ، حيث تنمو لاهوائيا ، وتتغذى على البكتريا .

منها أنواع أميبية ، مثل Entamoeba , Endolimax , Iodamoeba

ومنها أنواع سوطية ، مثل Trichomonas hominis

ويوجد نوع من الأميبا ، يسمى Entamoeba histolytica ، قد يوجد بالأمعاء كمتعايش ، أو كممرض مسببا الدوسنتاريا الأميبية ، وقد يخترق جدار الأمعاء ، ويغزو أجزاء مختلفة من الجسم ، ويسبب بعض المتاعب .

الجهـــاز البـولى التنـاسلى
Genitourinary tract , Urogenital tract

فى الإنســان السليـم ، تكــون الكلية Kidney ، والمثانــه البوليــة Urinary bladder ، والحالب Ureter ، خالية من الميكروبات . ويبدأ تواجد البكتريا بالإحليل Urethra ، وهو المجرى ، الذى يحمل البول من المثانه لخارج الجسم ، بالذكر والأنثى .

ففى الجزء العلوى من الإحليل ، القريب من المثانه ، توجد أعداد قليلة من البكتريا ، ويزداد العدد فى الجزء السفلى .

ومن البكتريا التى توجد بالإحليل

Staphylococcus epidermidis , Streptococcus faecalis ,

Corynebacteria & members of Enterobacteria

البـــول

يعتبر البول Urine ، بيئة غذائية صالحة لكثير من البكتريا ، ورغم ذلك ، فإن بول الإنسان السليم ، عند إفرازه ، يكون خاليا من الميكروبات ، ويبدأ وصول الميكروبات إليه ، عند مروره بالإحليل ، وهو فى طريقة من المثانة ، إلى خارج الجسم .

ويحتوى البول الطبيعى ، على أقل من ١٠^{٢} ميكروب / مل ، وإذا مازاد العدد عن ١٠^{٥} / مل ، كان ذلك دليلا ، على وجود عدوى بالجهاز البولى .

الجهاز التناسلى

الفلورا الطبيعية ، الموجودة بالجهاز التناسلى ، للأنثى البالغة ، شديدة التعقيد ، وتختلف خواص هذه الفلورا ، بإختلاف الدورة الشهرية Menstrual cycle .

وعادة فإن الميكروبات الرئيسية ، الموجودة بالمهبل Vagina ، هى بكتريا اللاكتوباسلس ، المتحملة للحموضة Acid - tolerant lactobacilli ، وتقوم هذه البكتريا بتحليل الجليكوجين ، الذى تنتجه الخلايا الطلائية للمهبل ، ويتكون حامض اللاكتيك ، مما يحفظ الرقم الإيدروجينى للمهبل عند حوالى ٤,٤ - ٤,٦ . والميكروبات التى تستطيع تحمل هذه الحموضة ، هى التى توجد بالمهبل ، مثل

Enterococci , Diphtheroids , Anaerobic bacteria , Candida albicans

يتكون الجليكوجين ويتجمع فى جدر المهبل ، نتيجة لنشاط المبايض أثناء فترة الخصوبة ، ولايتواجد الجليكوجين قبل البلوغ Puberty ، أو بعد سن اليأس menopause ، ولذلك ، فإنه فى غياب الجليكوجين ، فإن الإفرازات المهبلية تكون مائلة للقلوية ، ويحتوى المهبل فى هذه الحالة ، على ميكروبات الجلد العادية .

وجدول [٩ (١) - ٢] ، وشكل [٩ (١) - ١] ، يوضحان الميكروبات الهامة ، السائدة بجسم الأنسان ، بما فى ذلك ميكروبات الفلورا الطبيعية .

جدول ٩ (١) - ٢ : ميكروبات الفلورا الطبيعية ، الشائع وجودها ، بجسم الانسان

المنطقــــة	الميكـــــروب
الجلــــد **Skin**	**Staphylococcus epidermidis** **Staph. aureus** **Propionibacterium acnes** **Diphtheroids (aerobic corynebacteria)**
الأنف والبلعوم الأنفى **Nose & Nasopharynx**	**Staph. epidermidis** **Staph. aureus** **Diphtheroids** **Streptococcus sp.** **Branhamella catarrhalis** **Haemophilus influenzae**
الفم (اللعاب وسطح الأسنان) **Mouth (Saliva & Tooth surfaces)**	**Staph. epidermidis** **Staph. aureus** **Strept. mutans** **Strept. salivarius** **Peptostreptococci** **Veillonella alcalescens** **Haem. influenzae** **Lactobacillus sp.** **Actinomyces** **Bacteroides** **Fusobacterium** **Treponema denticola** **Candida albicans**

تـــابع جـدول ٩ (١) - ٢

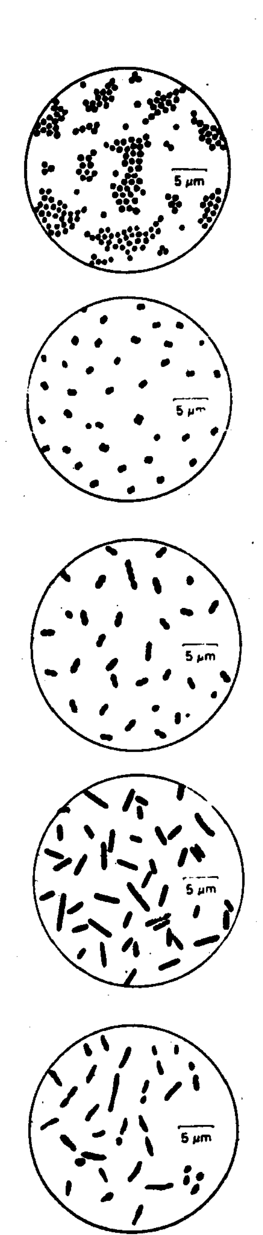
المنطقـــة	الميكـــــروب
البلعوم الفمى . Oropharynx	Staph. epidermidis Staph. aureus Diphtheroids Strept. pneumoniae Branhamella catarrhalis Haem. influenzae Neisseria meningitidis
المعدة والإثنى عشر Stomach & Duodenum	بها قليل من الميكروبات
الأمعـــاء الدقيقة الجـزء الاوسـط (الصـائم) Jejunum	بكتريا موجبة لجرام ، اختيارية للهواء ، مثل Enterococci Lactobacilli Diphtheroids وخمائر ، مثل Candida albicans
الجـزء الأخيـر (اللفائفى) Ileum	Enterobacteria وبكتريا سالبه لجرام ، لاهوائية ، مثل Bacteroides Fusobacterium

تـــــابع جـدول ٩ (١) - ٢

الميكـــــــروب	المنطقـــة
- بكتريا سالبه لجرام ، إختيارية ، عصوية مثل E. coli Klebsiella Proteus Enterobacter - بكتريا سالبه لجرام ، لاهوائية ، مثل Bacteroides Fusobacterium - بكتريا موجبة لجرام ، لاهوائية أو إختيارية - عصـــــوية ، مثل Clostridium Bifidobacterium Eubacterium Lactobacilli - كـــروية ، مثل Peptostreptococci Enterococci (Streptococci) - خميرة مثل Candida albicans - بروتوزوا مثل Trichomonas hominis	**الأمعـــاء الغليظـــة (القولون والمستقيم)** **Colon & Rectum**

تـــابع جـــدول ٩ (١) - ٢٠

المنطقـــــة	الميكـــــــــروب
المهبل وعنق الرحـــم Vagina & Uterine cervix	- Bacteroides - Clostridium - Diphtheroids - Enterobacteria - Enterococci - Lactobacilli - Peptostreptococci - Staphylococcus epidermidis - Candida albicans - Trichomonas vaginalis



Staphylococcus aureus

- جرام موجب ، كروى فى عناقيد ، غير متحرك ، إختيارى للهواء
- موجب لإختبار الكوأجيولاز
- يوجد بأغشية الأنف ، والجلد ، وجراب الشعر

Branhamella catarrhalis

- جرام سالب ، كروى فى أزواج ، غير متحرك ، هوائى
- موجب لإختبار الأوكسيديز
- يوجد فى الأغشية المخاطية

Streptococcus pneumoniae

- جرام موجب ، كروى أو بيضاوى ، فى أزواج ، أو سلاسل قصيــــرة ، غير متحرك ، إختيارى للهواء
- ينوب فى أملاح الصفراء
- يوجد فى الجهاز التنفسى العلوى

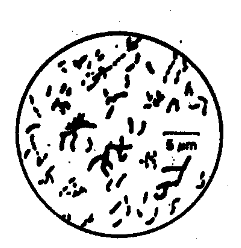
Lactobacillus sp.

- جرام موجب ، عصوى ، غير متحرك ، إختيارى للهواء
- ذو إحتياجات غذائية معقدة
- يوجد بالفم ، والقناة الهضمية ، والمهبل

Bacteroides fragilis

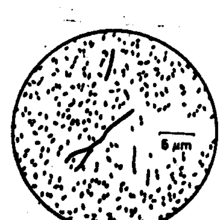
- جرام سالب ، متعدد الأشكال ، غير متحرك ، لاهوائى
- يوجد بالفم ، والأمعاء الغليظة

شكـــل ٩ (١) - ١: أشكال ومميزات الميكروبات السائدة بجسم الانسان ، بما فى ذلك الفلورا الطبيعية



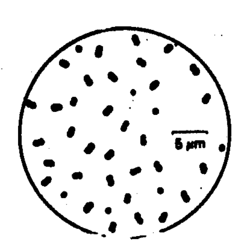
Propionibacterium acnes

- جرام موجب ، عصوى متعدد الأشكال ، يتجمع في سلاسل قصيرة ، أو في تجمعات ذات شكل ٧ و ٢ ، غير متحرك ، لاهوائي
- ينتج حامض بروبيونيك
- يوجد بالجلد



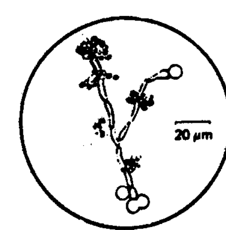
Haemophilus influenzae

- جـــرام سالب ، عصـــوى متعدد الأشكال ، أو في خيـــوط ، غير متحرك ، هوائي
- يوجد بالبلعوم الأنفي



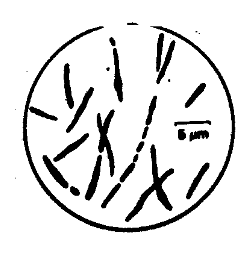
Neisseria meningitidis

- جرام سالب ، كروى في أزواج ، غير متحرك ، هوائي
- موجب لإختبار الأوكسيديز
- يوجد بالبلعوم الأنفي



Candida albicans

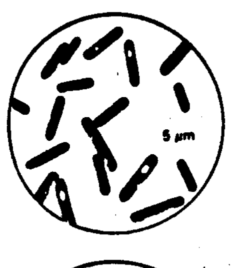
- خميرة متبرعمـــة ، تكون ميسليوم كاذب ، مع تجمعات من جراثيم كلاميدية ، وجراثيم برعمية ، هوائية
- توجد على الجلد ، وبالفـــم ، والزور ، والأمعاء الغليظة ، والمهبل



Fusobacterium nucleatum

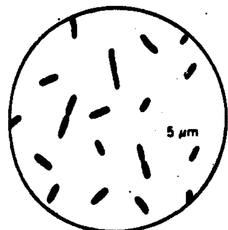
- جـــرام سالب ، عصوى ذو أطراف مدببة ، غير متحرك لاهوائي
- يوجـد بالفم

تـــابع شكـــل ٩ (١) - ١



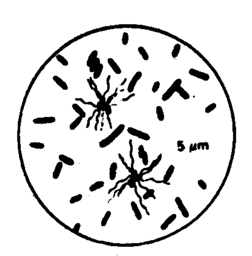
Clostridium perfringens

- جرام موجب ، عصوى ، متجرثم بجرثومة بيضاوية
تحت طرفية ، غير متحرك
لاهوائى
- يوجد بالبراز



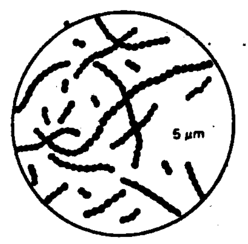
Klebsiella sp.

- جـــــرام سالب ، عصوى ، له كابسول ،
غير متحرك
إختيارى للهواء
- يوجد بالأمعاء



Escherichia coli

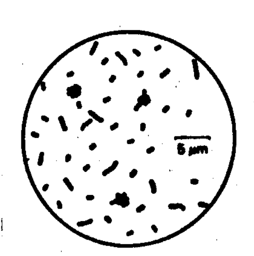
- جـــــرام سالب ، عصوى ، متحرك ،
إختيارى للهواء
- ينتج حامض وغاز ، فى بيئة بويون اللاكتوز
- يوجد بالأمعاء الغليظة



Peptostreptococcus sp.

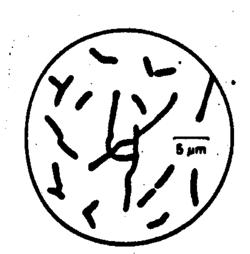
- جرام موجب ، كروى فى سلاسل ، غير متحرك ،
لاهوائى حتمى
- يوجد بالقولون ، والمهبل

تابـــــع شكـــــل ٩ (١) - ١



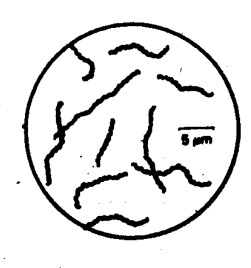
Veillonella alcalescens

- جرام سالب ، كروى صغير ، فى أزواج ، أو سلاسل قصيرة ، أو تجمعات ، غير متحرك لاهوائى
- ذو إحتياجات غذائية معقدة
- يوجد بالفم ، والجهاز التنفسى ، والجهاز الهضمى



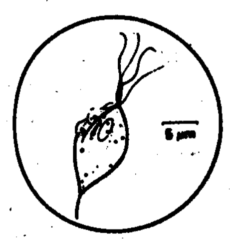
Actinomyces israeli

- جرام موجب ، عصوى ، قد يتفرع فى خيوط ، غير متحرك لاهوائى
- يوجد بتجويف الفم



Treponema denticola

- جرام سالب ، حلزونى رقيق ، مدبب ومنحنى الأطراف ، متحرك لاهوائى حتمى
- يوجد بتجويف الفم



Trichomonas vaginalis

- بروتوزوا ذات أسواط (٤ أمامية ، و ١ خلفى) ، غشاء قصير متموج
- توجد فى الإفرازات المهبلية

تابــــع شكــــل ٩ (١) - ١

References

Baron, S. (ed.) (1982). Medical microbiology . Addison - Wesley , Menlo Park , California, USA .

Linton, A.H. (1982). Microbes , Man and Animals . John Wiley and Sons , New York.

الفصل التاسع
ثانياً

العلاقات المتبادلة بين العائل والميكروب الممرض

- العلاقة بين العائل والميكروب الممرض
- التعرف على الميكروب الممرض
- حامل الميكروب
- العدوى
- فترة الحضانة
- القدرة المرضية وشدة العدوى
  - العوامل المسببة لشدة العدوى
    - ١- السموم الميكروبية
      - السموم الخارجية
      - السموم الداخلية
    - ٢- الإنزيمات الخارجية
      - البكتريا المذيبة لكرات الدم الحمراء
    - ٣- مواد أخرى تفرزها الميكروبات
      - مخلبيات الحديد الميكروبية
- بعض التركيبات الخلوية التى لها علاقة بشدة العدوى
  - قابلية النسيج للعدوى
- منافذ الدخول
- الإنتشار
- الوباء

الفصل التاسع - ثانيا

العلاقات المتبادلة بين العائل والميكروب الممرض
Host - Pathogen interactions

العلاقة بين العائل والميكروب الممرض

تحدث الأمراض من أسباب عديدة ، قد تكون من داخل الجسم ، أو من خارجه . تتضمن الأسباب الداخلية حدوث إضطرابات فى عمليات التمثيل الغذائى بالجسم ، أو ضعف فى المناعة ، أو وجود شذوذ تركيبية نتيجة عوامل وراثية ، أو العجز ، أو كبر السن ... الخ .

وتأتى المسببات الخارجية من خارج الجسم ، نتيجة لعوامل حيه كالميكروبات ، أو عوامل غير حيه ، مثل الحرارة والبرودة ، والنقص فى الغذاء ، والتلوث بسبب الكيماويات ، والسموم ، والإشعاعات ... الخ .

ويطلق على الأمراض التى تسببها ميكروبات ، أمراضا معدية Infectious diseases ، وفى هذه الحالة ، يحدث المرض نتيجة عدوى ميكروبية Microbial infection ، من ميكروب ممرض Pathogen ، كالبكتريا ، وتعرف استجابة العائل للعدوى ، بالمرض Disease .

والمرض ، هو تغير يحدث بالجسم ، يحوله عن حالته الطبيعية ، قد يكون ذلك التغير فى التركيب ، أو فى وظيفة الجسم . ومظهر هذا التغير على العائل ، هى أعراض المرض Symptoms .

ويحدث المرض ، وتظهر أعراضه ، كنتيجة للعلاقات المتبادلة بين الميكروب الممرض ، والعائل القابل للإصابة . فالمرض الناتج من العدوى الميكروبية ، لايتحدد بخواص الميكروب الممرض فقط ، بل وبعلاقاته مع العائل ، وقدرة العائل على مقاومته . فقد يهاجم الميكروب العائل ، ولكن لاتظهر عليه أعراض المرض ، وقد يحدث المرض على سطح الجسم ، وقد يدخل الميكروب إلى الأنسجة الداخلية ويهاجمها ، فيسبب تلفها ، أو الإخلال بوظائفها الفسيولوجية ، وقد تكون الإصابة موضعية ، أو عامة ، أو حادة ، أو مزمنة .

التعرف على الميكروب الممرض

Identifying the causative agent of an infectious disease

لايوجد الميكروب الممرض بمفرده فى الجزء المصاب ، بل مختلطا مع العديد من الميكروبات الأخرى ، التى منها المترمم غير الضار ، ومنها المشارك بدرجة ثانوية فى العدوى Secondary invaders .

وقــــد أمكن التعرف على المسببات المرضية الحقيقية ، واحدا بعد الآخر ، بعد أن وضع روبرت كوخ عام ١٨٨٢ ، الأسس الخاصة بالتعرف على الميكروب الحقيقى المسبب للمرض ، والتى عرفت بإسم افتراضات كوخ Koch's postulates ، وما جاء بعد ذلك من إفتراضات ريفرز عام ١٩٣٧ Rivers' postulates الخاصة بالتعرف على مسببات الأمراض الفيروسية . وفيما بعد ، أضيف إلى الإفتراضات السابقة ، ضرورة وجود الأجسام المضادة للميكروب الممرض ، فى الشخص المصاب بذلك الميكروب ، وعدم وجودها فى الشخص السليـم . وقـــد أصبـح الآن ، علم التعرف على مسببات الأمراض Etiology ، علما قائما بذاته .

إفتراضات كوخ وريفرز

تعتمد إفتراضات كوخ (١٨٤٣ - ١٩١٠) ، الخاصة بالتعرف على المسبب المرضى ، على الأسس العامة التالية

١- يجب أن يرتبط الميكروب المعين بنفس المرض ، وتظهر فى جميع الحالات نفس الأعراض .

٢- يمكن عزل الميكروب المسبب من المرضى ، ويمكن تنميته بحالة نقية فى المعمل ، لدراسة خواصه المختلفة .

٣- يظهـــر على حيــوانات التجــارب ، القابلة للإصابة ، نفس المرض ، عند تلقيحها بميكروبات المزرعة النقية .

٤- يمكن عـــزل الميكروب مــرة ثانيــة ، وتنميته بحاله نقية ، من حيوانات التجارب ، التى أصيبت بالمرض .

وقد أضاف ريفرز عام ١٩٣٧ ، أسسا مشابهة لإفتراضات كوخ ، يمكن تطبيقها فى حالة الفيروسات ، وهى

١- يجب أن يــوجد الفيروس المعين دائما فى خلايا العائل ، أثناء المرض ، معطيا نفس الأعراض ، فى جميع الحالات .

٢- راشح الأنسجة المصابة (أى الخالى من البكتريا والكائنات الأخرى القابلة للزرع فى بيئة معملية) ، يسبب نفس المرض ، فى حيوانات التجارب .

٣- الراشح المأخــوذ من أنسجة حيوان التجارب المصاب ، ينقل نفس المرض لحيوان تجارب آخــر .

حامل الميكروب Carrier

يبدو حامل الميكروب سليما ، ولاتظهر عليه أية أعراض مرضية ، ولكنه يحمل الميكروب المعدى ، وينقله إلى الشخص القابل للإصابة . ومن أمثلة الأمراض المعدية ، التى ينقلها حامل الميكروب ، الأمراض المعوية ، الدفتريا ، الأنفلونزا .

ويعتبر حاملى الميكروب ، مزارع ميكروبية متحركة ، وينظر إليهم على أنهم مصدرا خطيرا ، لنشر الميكروبات المعدية ، لأنه من الصعب التعرف عليهم ، وعـــزلهم عــن الأصحــــاء ، الدائمى الإحتكاك بهم ، فى معاملاتهم اليومية .

هناك حاملى الميكروب الأصحاء Healthy carriers ، الذين يحملون الميكروب ، دون أن تظهر عليهم أية أعراض مرضية ، وهناك حاملى الميكروب الذين فى دور النقاهة من المرض Convalescent carriers ، وهؤلاء هم أكثر الحالات شيوعا ، لأنه عقب الشفاء من المرض ، يظلون حاملين للميكروب المعدى لفترة ، قد تقصر لعدة أيام ، أو تطول لعدة أشهر ، فى بعض الأماكن بالجسم ، (كالحويصلة المرارية فى حالة بكتريا التيفود) ، حيث تخرج الميكروبات ، مع إفرازات الجسم المختلفة ، مسببة للعدوى .

العـــــدوى Infection

بالإضافة إلى ميكروبات الفلورا الطبيعية ، غير الضارة ، التى توجد خارج ، وداخل جسم الإنسان السليم ، فإن أنواعا اخرى من الميكروبات ، قد تهاجم العائل ، وتعيش متطفله Parasite عليه ، مسببه له بعض الأمراض المعدية .

وتحدث الأمراض المعدية ، نتيجة للعدوى ، والعدوى ، هى غزو الميكروب لجسم العائل Invasiveness ، وحدوث المرض . ويحدث المرض عندما يدخل الميكروب الجسم ، ويصل إلى الأنسجة ، ويتكاثر بها ، ويتغلب على أجهزة العائل الدفاعية ، ويسبب تلف الخلايا .

وفى حقيقة الأمر ، فإنه عقب غزو الميكروب لجسم العائل ، تحدث معركة بين الميكروب والعائل ، والذى يحدد مصير العدوى ، هو محصلة المعركة ، بين شدة عدوى الميكروب Virulence ، ومقاومة جسم العائل Resistance . فإذا انتصر الميكروب ، بنشاطه وشدة عدواه ، حدث المرض ، وإذا انتصر الجسم ، بمقاومة أجهزته الدفاعية ، لايحدث المرض ، وسمى الجسم منيعا أو مقاوما .

تختلف العدوى فى شدتها ، حسب درجة نشاط الميكروب ، ومقاومة العائل ، كما تختلف بإختلاف مسببها ، وتختلف أيضا فى موقعها ، فقد تكون موضعية ، فى منطقة محددة بالجسم ، أو عامة ، منتشرة بكل الجسم [جـدول ٩(٢) - ١] .

ويجب أن يكون واضحا ، أن تعبير العدوى ، ليس مرادفا للتلوث Contamination . فالشيء الملوث ، هو الذى يحتوى على ميكروبات ، خاصة المسببة للأمراض . فكوب الشرب الملوثة ، والأيدى الملوثه ، تحتوى على ميكروبات ، ولكنها ، قد لاتكون معدية ، لأن العدوى تحدث فقط ، عند وصول الميكروب ، إلى مكانه المناسب بجسم العائل ، وحدوث المرض .

بعض الميكروبات ، مثل بكتريا التتانوس ، تبقى فى موضعها عقب العدوى ، وترسل سمومها لكل الجسم ، من خلال الدم والجهاز الليمفاوى ، وبذلك ، تؤثر على باقى أنسجة الجسم ، وتسمى هذه الحالة ، توكسيميا Toxemia ، أى حالة وجود توكسين بالدم .

وبعض الميكروبات ، تتكاثر وتنتشر مباشرة ، من خلال الدم واللمف، وتصل إلى الأنسجة الأخرى وتصيبها ، وتسمى هذه الحالة ، بكتريميا Bacteremia ، وهى حالة وجود بكتريا بالدم ، والمثل لذلك ، بكتريا الالتهاب السحائى ، التى تنتقل من الأنف إلى المخ ، عن طريق الإنتشار بالدم .

وبعض الميكروبات ، مثل بكتريا الحمى الفحمية ، شديدة العدوى ، تنتشر وتتكاثر بنشاط فى مجرى الدم ، مسببه العدوى ، وتسمى هذه الحالة، تلوثا بالدم Septicemia ، وتتراوح من الحالة الحادة ، إلى الحالة المزمنة ، التى تستمر لفترة طويلة .

وقد يحدث نتيجة للعدوى الميكروبية ، كما فى حالة مرض السعال الديكى ، أن تثير البكتريا خلايا العائل ، لدرجة كبيرة ، فتفرز الخلايا مادة، كالهيستامين ، أو موادا مشابهه ، تسبب للعائل ، حالة حساسية شديدة ، أو فرط حساسية Hypersensitivity, Allergy .

جدول ٩ (٢) - ١ : بعض أنواع العدوى

نوع العدوى	المميزات	أمثلة
حادة Acute	تستمر لفترة قصيرة ، وعادة أعراضها شديدة	التهاب الزور المعدى ، المسبب له Streptococcus pharygitis (pyogenes)
مزمنه Chronic	تستمر لفترة طويلة	السل
مفاجئه وعنيفة Fulminating	تظهر فجأة ، وبشدة	السيلان
موضعية Localized	تحدث فى منطقة محددة بالجسم	التهاب الجهاز البولى المسبب له E. coli
عامة Generalized	تنتشر بالجسم ، وتصيب أجزاء كثيرة	عدوى الدم ، مثل الحمى التيفودية
خليطه Mixed	تسببها أكثر من نوع ميكروبى Polymicrobial	الفرغرينا الغازية ، وتسببها مجموعة من الكلوستريديا
إبتدائية Primary	عدوى موضعية ، تقلل من مقاومة الجسم ، مما يسهل حدوث غزو ، من ميكروبات أخرى	الأنفلونزا الفيروسية
ثانوية Secondary	تعقب العدوى الإبتدائية	الإلتهاب الرئوى ، الذى يعقب الأنفلونزا الفيروسية

فتـــرة الحضـانة Incubation period

فترة الحضانة ، هى الفترة التى تمر ، بين غزو الميكروب الممرض للجسم ، وبين ظهور أعراض المرض ، وهى مميزة للأنواع المختلفة من العدوى ، فقد تكون هذه الفترة قصيرة ، أى عدة ساعات فى بعض الأمراض، وقد تطول ، إلى أيام أو أشهر أو سنوات ، فى أمراض أخرى .

ويوجد أيضا فترة حضانة ، عقب وصول التوكسينات الخارجية الميكروبية للجسم ، وظهور أعراض المرض ، قد تكـــون قصيـــرة ، حـــوالى ١ - ٣ ساعة ، فى حالة سم البكتريا العنقودية ، أو تصل لعدة ساعات ، كما فى حالة سم التتانوس (حوالى ٣٦ ساعة) .

القدرة المرضية وشدة العدوى
Pathogenicity and virulence

القدرة المرضية Pathogenicity ، هى قدرة الكائن الممرض على إحداث المرض . قد يكون هذا الكائن مجهريا وحيد الخلية ، كالسالمونيلا ، أو غير مجهرى عديد الخلايا ، كدودة النيماتودا Trichinilla .
وتتوقف القدرة المرضية ، على الخواص الوراثية للكائن الممرض ، وعلى قدرة العائل على مقاومة العدوى .

أما تلك الدرجة من قدرة الميكروب ، على إحداث المرض ، فتسمى بشدة العدوى أو الضراوة Virulence . وتسمى خواص الميكروب ، التى تعزز من قدرته المرضية ، بعوامل شدة العدوى Virulence factors .

ظاهرة شدة العدوى ، خاصة بالسلاله الميكروبية Strain ، وليست خاصة بالنوع الميكروبى Species ، بمعنى أن شدة العدوى ، تختلف من سلالة لأخرى ، داخل نفس النوع الميكروبى الواحد الممرض ، فبينما نجد ان بعض السلالات شديدة العدوى Virulent strains ، نجد أن سلالاتا أخرى لنفس النوع ، غير شديدة العدوى ، أو حتى غير قادرة على إحداث العدوى Avirulent strains . مثالا على ذلك ، فإن بكتريا Streptococcus pneumoniae ، تمتاز بقدرتها المرضية ، على إحداث مرض الإلتهاب الرئوى ، ولكننا نجد أن السلالات ذات الكابسول ، شديدة العدوى ، عن تلك السلالات عديمة الكابسول.

وكذلك ، فإن بكتريا Corynebacterium diphtheriae ، ذات قدرة مرضية على إحداث مرض الدفتريا ، ولكن السلالات شديدة العدوى ، هى الحاملة للبروفاج الذى يحث البكتريا ، على إفراز التوكسين المسبب للدفتريا .
وفى بعض السلالات البكتيرية ، ترتبط شدة العدوى ، بوجود بلازميد معين بالميكروب ، فنجد أن سلالات E. coli ، المسببه للإضطرابات المعوية، هى التى تحمل البلازميد الخاص بذلك .

تتعرض شدة عدوى الميكروب الممرض ، لتغيرات عديدة ، فيمكن زيادة شدة العدوى ، أو إضعافها ، أو التخلص منها ، بالإمرار المتكرر فى حيوان مناسب ، أو بالتعرض لحرارة مرتفعة ، أو بإستخدام بيئة مناسبه تحتوى كيماويات معينة ، فيحدث الإضعاف مثلا ، عند إمرار فيروس الجدرى فى نسيج البقرة ، وتعريض بكتريا الكوليرا للحرارة المرتفعة ، ومعاملة توكسين التتانوس بالفورمالدهيد ، وتحدث زيادة العدوى ، بإمرار بكتريا الإلتهاب الرئوى ، فى الفأر الأبيض .

العوامل المسببة لشدة العدوى Virulence factors

تفرز بعض أنواع البكتريا موادا معينة ، كالتوكسينات ، أو تملك تركيبات خاصة ، كالكابسول ، لها علاقة بزيادة شدة العدوى ، تسمى بالعوامل المسببه لشدة العدوى .

من المواد التى تفرزها الميكروبات ، ولها علاقة بشدة العدوى ، السموم الميكروبية ، وبعض الإنزيمات الخارجية ، ومواد أخرى ، كالأمونيا، وفوق أكسيد الإيدروجين ، ومخلبيات الحديد

١- السموم الميكروبية Microbial toxins

تفرز بعض المجهريات ، موادا سامة ، تعرف بالتوكسينات Toxins ، وهذه مواد ضارة بالعائل ، تؤثر على تركيب الخلية ، أو على وظيفتها ، وعلى ما تفرزه الخلايا من إنزيمات ، وقد تسبب للعائل حالات حساسية .
وتتوقف قدرة الميكروب على إحداث المرض ، على القوة القاتلة Potency للسموم ، التى يفرزها .

قد تفرز السموم الميكروبية ، خارج الخلية الميكروبية ، وتسمى سموما خارجية Exotoxins ، أو تبقى بداخل الخلية الميكروبية ، وتسمى سموما داخلية Endotoxins . وعادة ، فإن البكتريا المفرزه للتوكسينات الخارجية ، لاتتوغل كثيرا بالجسم ، عكس تلك التى لاتفرز سموما خارجية، فإنها تتكاثر بدرجة كبيرة فى الأنسجة ، وتتوغل بها .

السموم الخارجية Exotoxins

السموم الخارجية ، مواد قابلة للإنتشار ، من داخل الخلية الميكروبية التى تنتجها ، إلى الوسط الخارجى المحيط بالميكروب ، سواء أكان هذا الوسط بيئة مزرعيه ، أو نسيجا من خلايا العائل كما فى مرض الدفتريا ، أو مادة غذائية ، كما فى التسمم الغذائى العنقودى .

ويمكن الحصول على السموم الخارجية ، من المزرعة النامى بها الميكروب ، وذلك ، بترشيح المزرعة خلال المرشحات البكتيرية . فتحجز البكتريا ، وينفذ السائل ، المحتوى على التوكسين .

والسموم الميكروبية الخارجية ، مواد بروتينية ، ذات وزن جزيئى مرتفع ، قد يصل إلى مليون دالتون ، كما فى حالة السم البوتشولوينى من نوع أ . وعادة ، فإن الإنزيمات المحللة للبرويتن ، تهضم التوكسينات الخارجية ، ولذلك ، فإن هذه السموم لاتؤثر على الجسم ، إذا أخذت عن طريق الفم ، ويستثنى من ذلك ، السم البوتشوليني ، والعنقودى ، التى لاتتأثر، بالإنزيمات المحللة للبروتين .

تفقد السموم الخارجية سميتها ، بالتخزين الطويل ، أو بتعريضها للحرارة (حوالى ٧٠°م) ، أو بمعاملتها بالشبه alum ، أو ببعض الكيميائيات مثل الفينول ، والأحماض ، والفورمالدهيد ، وذلك نتيجة لتثبيط عمل بعض الأحماض الأمينية ، الداخله فى تكوينها البروتينى .

ونتيجة لفقد السمية بواسطة الفورمالدهيد ، يتحول التوكسين Toxin، من مادة سامة ، إلى مادة غير سامة ، تسمى توكسويد Toxoid ، ذات خواص أنتيجينية ، تستخدم كأنتجين ، لوقاية الأشخاص المعرضين للتسمم الميكروبى ، مثل الدفتريا ، والتتانوس ، وذلك لأن التوكسويدات ، تحفز الجسم على إنتاج مضادات التوكسين Antitoxins ، التى تعادل السم الميكروبى المتكون بجسم العائل .

القوة القاتلة للسموم الخارجية Potency

بعض السموم الخارجية ، شديدة القتل ، ويعتبر النوع أ من السم البوتشوليني ، أقوى سم معروف . وأقل جرعة قاتلة* MLD من هذا السم للفـــأر ، هي ٢,٥ x ١٠-٥ ميكروجرام ، وهي أكثر سمية ، بمقدار مليون مـــرة ، عن تلك الجرعة القاتلة من سم الإستركنين Strychnine .

الجرعات القاتلة ، من السموم الخارجية الميكروبية الأخرى ، أقل من تلك الخاصة بالسم البوتشوليني ، فهي حوالي ٦ x ١٠-٢ ميكروجرام من سم الدفتريا ، لقتل خنازير غنيا ، و ٥ ميكروجرام من سم البكتريا العنقودية، لقتل الأرنب .

تخصص السمـــوم الخارجيـــة Specificity

تأثير السموم الخارجية الميكروبية ، تأثير متخصص ، على أجزاء جسم المصاب

- فمنها مايؤثر على الجهـــاز العصبي ، ويسمى سم عصبي Neurotoxin ، مثل سم التتانوس ، والسم البوتشوليني .

- ومنها مايؤثر على الجهـــاز الهضمي ، ويسمى سم معوي Enterotoxin ، مثل سم بكتريا الكوليرا ، والبكتريا العنقودية .

- ومنها مايؤثر على الخـــلايا ويقتلهـــا ، ويسمى سم خلوي Cytotoxin ، مثل سم الدفتريا .

- ومنها مـــايسبب إحمـــرارا للجسم ، ويسمـــى سـم مـــولد للإحمـــرار Erythrogenic toxin مثل سم Streptococcus pyogenes

---

(*) أقل جرعة قاتلة ، Minimum lethal dose , MLD ، هي أقل كمية من التوكسين ، تقتل حيوان التجارب القياسي القابل للإصابة ، في وقت معين

ويوضح جدول [٩(٢) - ٢] ، أهم الأمراض الناتجة عن سموم بكتيرية .

السموم الداخليـــة Endotoxins

كثير من الريكتسيا ، والبكتريا ، خاصة السالبة لصبغة جرام ، مثل بكتريا الحميات المعوية ، تكون سموما تبقى بداخل خلاياها ، ولاتخرج منها إلى الوسط المحيط ، إلا بعد تحلل تلك الخلايا ، وتعرف هذه السموم ، بالسموم الداخلية .

وتوجد السموم الداخلية غالبا ، فى جدار الخلية البكتيرية ، وهى ذات خواص أنتيجينية ضعيفة ، وتتكون تلك السموم ، من مواد معقدة ، تحتوى على ليبيدات ، وعديد السكريات ، وبروتين

Lipo - poly saccharide - protein complex

معظم أنواع البكتريا المرضية ، تكون سموما داخلية . وتلعب تلك السموم ، دوران مميزان فى العدوى

الأول ، إحداث حالة الحمى (مسبب للحمى) ، Pyrogenicity ،

والثانى ، إحداث حالة التسمم Toxicity .

ويعود حدوث الحمى والسمية ، إلى جزء الليبو - عديد السكريات ، الداخل فى تركيب السم ، وتعود الخواص الأنتيجينية ، إلى الجزء البروتينى من تركيب السم .

جدول ٩(٢) - ٢: بعض الأمراض التى تسببها بكتريا منتجة للتوكسينات

المسبب	نوع السم	تأثير السم	الجزء المتأثر بالجسم	المرض الناتج
Bordetella pertussis	داخلى وخارجى	موت الخلايا والتهابات	المسالك التنفسية وحساسية	سعال ديكى
Clostridium botulinum	خارجى	عصبى	يثبط تكوين مادة الأستايل كولين	تسمم بوتشولينى
Cl. perfringens	خارجى	- تحليل الخلايا - تحليل الكرات الحمراء	أنسجة الجروح	غرغرينا غازية
Cl. tetani	خارجى	عصبى	الوصلات ما بين نهايات الأعصاب ، والألياف العضلية	تتانوس
Cory. diphtheriae	خارجى	- قتل الخلايا - تثبيط تمثيل البروتين	المسالك التنفسية ، وعام	دفتريا
Shigella dysenteriae	داخلى وخارجى	معوى	أنسجة الأمعاء الغليظة	دوسنتاريا
Staphylococcus aureus	خارجى	معوى	عام	تسمم عنقودى
Streptococcus pyogenes	خارجى	- بيتا هيمولايسيس - إثارة الإحمرار	حساسية ، حمى ، طفح جلدى	حمى قرمزية
Vibrio cholerae	خارجى	معوى	أنسجة الأمعاء	كوليرا
Yersinia (Pasteurella) pestis	داخلى وخارجى	متعدد	عام	طاعون

الفروق بين السموم الخارجية والداخلية

يوضح جدول [٩(٢) - ٣] ، أهم المميزات ، والفروق ، بين السموم الميكروبية الخارجية ، والداخلية

جدول ٩(٢) - ٣: بعض مميزات السموم الميكروبية الخارجية والداخلية

الصفة	سموم خارجية	سموم داخلية
الإفراز	خارج الخلية الميكروبية	داخل الخلية الميكروبية
المسبب	بكتريا جرام موجب	بكتريا جرام سالب
التركيب الكيميائى	بروتين	معقد من ليبو عديد السكريات وبروتين
تأثير الحرارة	تتأثر بالحرارة وتفقد سميتها عند ٦٠-١٠٠ °م لمدة ٣٠ ق	تتحمل الحرارة ، بما فى ذلك الغليان
المناعة	- يمكن تحويلها إلى توكسويدات - تتعادل مع مضادات التوكسين	- لاتكون توكسويدات - التعادل صعب مع مضادات التوكسين
التأثير البيولوجى	- متخصص - شديد التأثير	- التأثير عام ، ومتعدد - تكون أغلبها حميات ، وحساسية عامة
الجرعة القاتلة	كميات صغيرة جدا	كميات أكبر، عن تلك الخاصة بالسموم الخارجية

٢- الإنزيمات الخارجية Extracellular enzymes

تعود جزئيا ، شدة عدوى بعض الميكروبات الممرضة ، إلى ما تفرزه من إنزيمات خارج خلاياها . فهذه الإنزيمات ، تساعد الميكروب الممرض على الغـزو ، والنفاذ إلى الأنسجة ، والانتشار بها ، ومقاومة أجهزة العائل الدفاعية ، مما يزيد من شدة العدوى . على سبيل المثال ، فإن بعض هذه الإنزيمات مثل Hemolysin ، يذيب كرات الدم الحمراء ، وبعضها مثل Hyaluronidase ، يحلل المكونات الرابطة للأنسجة ، ومن تلك المواد Leucocidin الذى يقتل كرات الدم البيضاء ... الخ .

ويوضح جدول [٩(٢) - ٤] ، بعضا من هذه الإنزيمات الخارجية الميكروبية ، التى لها علاقة بشدة العدوى .

البكتريا المذيبة لكرات الدم الحمراء Hemolytic bacteria

تفرز البكتريا المرضية ، المذيبة لكرات الدم الحمراء ، مادة الهيمولايسين Hemolysin ، التى تذيب كرات الدم الحمراء ، وينفرد منها الهيموجلوبين . وإذابة الكرات الحمراء ، يساعد البكتريا الممرضة ، على غزو الأنسجة ، وإحداث المرض ، لذلك ، تمتاز سلالات البكتريا الممرضة ، المذيبة لكرات الدم الحمراء ، بشدة عدواها ، عن تلك السلالات ، غير المذيبة لكرات الدم الحمراء ، التابعة لنفس النوع البكتيرى .

يختلف الهيمولايسين المنتج ، من حيث تركيبه الكيميائى ، وطريقة تـأثيره ، من نـوع بكتيـرى لآخـر ، فمنـه أنـواع ، حسـاسة للأكسجين Streptolysin O - Sensitive , SLO ، مثل المفرز من النيمونيا والكلوستريديا، وهو يؤثر تحت الظروف اللاهوائية . ومنه أنواع تتحمل الأكسجين ، أى ثابته فى وجود الأكسجين Streptolysin O - Stable , SLS ، وهو يؤثر تحت الظـروف الهوائيـة ، مثل بعض الأنواع التى يفرزها *Strept. pyogenes* ، والنوع البكتيرى الواحد ، قد يفرز أكثر من نوع من الهيمولايسين .

ومن الهيمولايسين أنواع ، يمكن فصلها من المزرعة البكتيرية بالترشيح ، ومنه أنواع يعرف تأثيرها ، بما تحدثه من تغيرات مرئية بأطباق بيئة آجار الدم ، حيث تسبب تحللا لكرات دم البيئة ، من نوع ألفا ، أو من نوع بيتا .

جـدول ٩ (٢) - ٤: بعض الإنزيمات الخارجية ، التى تفرزها الميكروبات ، ولها علاقة بالعدوى

الإنـزيم	أمثلة من البكتيريا المنتجة	التـــأثير
Coagulase	Staph. aureus	يشـــارك فـى تجليط البلازما(١)
Collagenase	Cl. perfringens	يحـــلل الكولاجين ، وهى أليـــاف بالعظام وبالنسيج العضلى
Hemolysin	Staph., Strept., Clostridium	يذيب كـرات الدم الحمراء
Hyaluronidase	Staph. aureus , Clostridium	يحـــــلل حـــــــامض الهياليرونيك(٢) ، الــرابط للأنسجة
Lecithinase	Cl. perfringens	يحـلل كرات الدم الحمراء، وكثيـر من خلايا الأنسجة
Leucocidin	Staph. aureus , Streptococcus	يقتـل كرات الدم البيضاء
Streptokinase	Streptococcus	يذيب فيبرين الدم المتجلط، فيسيله، فيساعد بذلك على إنتشـار الميكروب

(١) نتيجــة تجـلط البــلازما بالكوأجيوليز ، يتحول الفيبرينوجين إلى فيبرين ، وهذا يغلف الميكـروب الممـرض ، ويحميه من خلايا العائل اللاقمة ، فتزداد شدة عدوى الميكروب

(٢) يتكـون حـامض الهيـاليرونيك ، من بـوليمر به أستـايل جلـوكـوز أمين وحـامض جليكـيرونيك ، وبتحلل حـامض الهياليرونيـك الـرابط للأنسجـة ، بواسطة إنزيم الهياليرونيديز، يسهل على الميكروب الممرض الغزو ، والنفاذ فى خلايا أنسجة العائل، والإنتشار بها ، ولذلك يطلق على إنزيم الهياليرونيديز ، عامل الإنتشار ، أو عامل الغزو Spreading factor , Invasin

تحـلل الفـا α - hemolysis

يحدث هيمولايسين هذا النوع ، تحللا جزئيا لكرات الدم الحمراء ، وتظهر مستعمرات البكتريا، المنتجة لهذا الهيمولايسين، النامية على بيئة آجار الدم ، محاطه بهالة خضراء اللون ، نتيجة إختزال لون الهيموجلوبين الأحمر إلى مثيموجلوبين Methemoglobin ، ومن أمثلة البكتريا المنتجة لهيمولايسين محلل لكرات الدم الحمراء، من نوع الفا، Streptococcus salivarius .

تحـلل بيتـا ß - hemolysis

يحدث هيمولايسين هذا النوع ، تحللا كاملا لكرات الدم الحمراء ، وتظهر مستعمرات البكتريا ، المنتجة لهذا الهيمولايسين ، النامية على بيئة آجـــار الدم ، محاطة بهالة رائقة عديمة اللون ، نتيجة ذوبان كرات الدم الحمراء ، وتحـــول الهيموجلوبين إلى مركب عديم اللون . ومن أمثلة البكتريا المنتجة لهيمولايسين ، محلل لكرات الدم الحمراء ، من نوع بيتا ، Streptococcus pyogenes .

٣- مواد أخرى تفرزها الميكروبات

من المواد الأخرى ، التى تفرزها الميكروبات ، خارج خلاياها ، ولها علاقة بزيادة شدة العدوى ، الأمونيا ، وفوق أكسيد الإيدروجين ، و مخلبيات الحديد الميكروبية .

الأمونيا وفوق أكسيد الإيدروجين

بعض الميكروبات الممرضة ، مثل المايكوبلازما ، بعد التصاقها بخلايا العائل ، بالجهاز التنفسى أو التناسلى ، تفرز نتيجة لتمثيلها الغذائى ، موادا مثل الأمونيا وفوق أكسيد الإيدروجين . وتتجمع هذه المواد موضعيا ، بتركيزات كبيرة ، مسببة تلف خلايا العائل ، وبالتالى زيادة شدة العدوى .

مخلبيات الحديد الميكروبية
Microbial iron chelators , Siderophores

تحتاج الميكروبات الهوائية أثناء نموها ، إلى الحديد ، لتمثيل المركبات والإنزيمات ، المحتوية عليه ، مثل السيتوكروم والكاتاليز . وتحت الظـــروف الهوائيـــة ، فإن الحديد يوجد بالوسط ، فى الصورة المؤكسدة (أمـــلاح حـــديـــديك) ، وهذه مواد غير ذائبة .

وتزداد شدة عدوى الميكروبات المرضية الهوائية ، إذا تمكنت من منافسة خلايا العائل ، فى الحصول على الحديد من الوسط . ويتم ذلك ، بإفراز الميكروبات ، لمركبات مخلبية تربط الحديد ، وتسحبه من الوسط ، إلى الميكروب ليستفيد منه ، وتسمى هذه المواد ، مخلبيات الحديد الميكروبية Siderophores ، وهى مواد ، ذات وزن جزيئى منخفض .

الخلايا المرضية اللاهوائية ، لاتواجهها صعوبة ، فى الحصول على الحديد من الوسط ، والإستفادة منه ، لأنها فى الوسط المختزل ، الذى تعيش فيه ، يوجد الحديد فى الصورة المختزله (حديدوز) ، وهى صورة قابلة للذوبان ، من السهل الإستفادة منها .

بعض التركيبات الخلوية التى لها علاقة بشدة العدوى

تملك بعض أنواع البكتريا المرضية ، تركيبات خلوية ، كالكابسول ، والشعيرات (البيلى) Pili ، تساعد على زيادة شدة العدوى ، لدرجة أنه عندما تفقد البكتريا تلك التركيبات ، بسبب التطفر مثلا ، تضعف شدة عدوى هذه البكتريا ، أو تفقد قدرتها تماما ، على إحداث المرض .

مثالا على ذلك ، بكتريا Streptococcus pneumoniae ، المسببه لمرض الإلتهاب الرئوى . فسلالات هذه البكتريا ذات الكابسول، (تسمى أنواع ملساء، Smooth forms , S. forms) ، وهى شديدة العدوى ، إذا ماقورنت بالسلالات التى فقـــدت الكابسول ، وتسمى أنواع خشنة ، Rough forms , R. forms . ويبدو أن الكابسول ، وهى مـــن مـــواد سكرية معقدة ، تعمل كعامل مضاد للإلتقام Anti - phagocytic factor ، تمنع خلايا العائل اللاقمة (البلعميات) Phagocytes من التهام البكتريا ذات الكابسول .

من حيث الزوائد الخلوية ، المسماه بالبيلى (الشعيرات) Pili ، فقد وجد أن السلالات المرضية ، التى لها هذه الزوائد ، شديدة العدوى ، عن تلك التى لاتملكها ، فهذه الزوائد تساعد البكتريا المرضية ، على الإلتصاق القوى بأسطح خلايا نسيج العائل ، فلاتنجرف مع السوائل المفرزه ، كما يحدث بالنسبة للسلالات المرضية من بكتريا السيلان ، وبكتريا E. coli ، المسببه لعدوى الجهاز البولى .

قابلية النسيج للعدوى ، الألفة النسيجية Tissue affinity

لبعض الميكروبات قابلية لإصابة خلايا ، أو نسيج معين بالجسم ، فتختار بكتريا التيفود ، النمو فى النسيج الليمفويدى Lymphoid tissue ، بجدار القناة الهضمية ، ويميل فيروس شلل الاطفال ، إلى النمو فى خلايا الأعصاب .

وتعود تلك القابلية للإصابة ، بين الميكروب والنسيج ، لوجود مستقبلات مناسبة بين خلايا الميكروب ، وخلايا النسيج القابل للإصابة .

ونجد فى أطوار خاصة ، من دورة حياة بروتوزوا الملاريا ، أن للبروتوزوا قابلية للنمو ، فى كرات الدم الحمراء للإنسان ، وتهلكها . وفى أطوار أخرى ، نجد أن للبروتوزوا قابلية ، لإصابة أنسجة البعوض ، والنمو بها ، دون أن تمرضها ، وتعمل حشرة البعوض كناقل للميكروب ، إلى الإنسان ، بواسطة اللدغ .

منافذ الدخول Portal of entry

المصادر الأساسية لعدوى الإنسان والحيوان ، هى المرضى ، وحاملى الميكروب ، والتربة . ولكى يحدث المرض ، فليس كافيا أن تدخل الميكروبات إلى الجسم بأعداد كبيرة ، بل يجب أن تدخل من منفذ الدخول المناسب لها . فبكتريا الشيجللا المسببه للدوسنتاريا ، لاتؤثر إذا دخلت الجسم عن طريق جرح بالجلد ، ولكنها تسبب عدوى شديدة ، إذا دخلت عن طريق الفم .

وينطبق هذا أيضا ، على التوكسينات البكتيرية ، التى يجب أن تدخل من المنفذ المناسب لها ، لتحدث العدوى . فبينما لايؤثر سم بكتريا التتانوس، إذا ما دخل الجسم عن طريق الجهاز الهضمى ، نجد أنه يسبب متاعب شديدة، إذا ما حقن بالجلد أو العضل ، عكس السم البوتشولينى ، والسم العنقودى، التى تؤثر ، إذا ما دخلت الجسم عن طريق الفم .

ومنافذ دخول الميكروبات إلى الجسم متعددة ، وهى تختلف بإختلاف الميكروبات . حسب مقدرتها على مهاجمة جزء معين بالجسم ، فقد تكون :

- عن طريق الجلـد

الجلد السليم ، عادة مانع لدخول الميكروبات ، ولكن إذا ما أصابه جـرح أو قطـع ، تسللت الميكروبات ، إلى الأنسجة الداخلية التى تناسب نشاطها ، وسببت العدوى . مثالا على ذلك ، البكتريا العنقودية ، التى توجد طبيعيا على سطح الجلد ، بأعداد كبيرة ، وتدخل عن طريق الجروح ، إلى الأنسجة الداخلية ، مسببة دمامل وخراريج . وكذلك بكتريا الحمى الفحمية، التى تدخل عن طريق قطع بالجلد ، إلى الدم والجهاز الدورى ، وتنتشر بالجسم محدثة للعدوى .

- عن طريق المسالك التنفسية

يناسب هذا الطريق ، بكتريا الدفتريا والسل ، كما أنه منفذ دخول بكتريا الإلتهاب الرئوى ، إلى الرئتين .

- عن طريق القناة الهضمية

القناة الهضمية ، منفذ دخول بكتريا الحميات التيفودية ، والكوليرا، والدوسنتاريا ، وكلها تستطيع مقاومة إنزيمات اللعاب ، والعصارات الهاضمة، وتحمل حموضة المعدة .

- عن طريق المسالك البولية التناسلية

تدخل بكتريا السيلان ، والسبيروكيتا ، إلى جسم العائل ، من خلال الجهاز البولى التناسلى ، حيث تهاجم الأعضاء التناسلية .

- **عن طريق المفصليات وبعض الحيوانات**

تدخل كثير من الميكروبات المرضية إلى جسم العائل ، من خلال لدغ المفصليات ، أو عض الحيوانات . فعلى سبيل المثال ، تنتقل ريكتسيا التيفـــوس إلى الإنسان ، من لدغ القمل ، وريكتسيا حمى جبال روكى من القـــراد ، وبروتوزوا الملاريا من البعوض ، وتنقل الكلاب والحيوانات المسعورة ، فيروس السعار ، من خلال العض .

الإنتشـــار ، الإنتقـــال Transmission

لكى تنتشر الميكروبات المرضية ، من عائل مصاب إلى عائل قابل للإصابة ، يجب أن يخرج الميكروب من الشخص المصاب ، ثم يدخل الميكروب من المنفذ المناسب ، إلى الشخص القابل للإصابة .

وإذا مامضت فترة بين خروج الميكروب ، من العائل المصاب ، ودخوله بالعائل الجديد ، وكانت الظروف غير مناسبه للميكروب ، فى البيئة الجديدة، لاتحدث العدوى ، وقد يموت الميكروب .

ومن ناحية أخرى ، يزداد إنتشار الأمراض المعدية ، فى الأماكن المزدحمة ، سيئة التهوية ، وبالمساكن غير الصحية ، وعند استعمال أدوات غير نظيفة ، أو من حدوث تلوث بمياه الشرب .

يخـــرج الميكروب من العائل ، من مكان الإصابة ، وينتشر بين الأصحاء ، ويكون هذا :

- **عن طريق الجهاز التنفسى**

وذلك كما يحدث بالنسبة للميكروبات المسببة للأنفلونزا ، والحصبة، والنكاف ، والدفتريا ، والسعال الديكى ، والإلتهاب الرئوى ، والسل .

وتخرج ميكروبات هذا الطريق ، مع رذاذ العطس ، وإفرازات الأنف والفم والزور ، ويساعد الهواء فى نشر هذه الميكروبات ، خاصة فى الأماكن رديئة التهوية .

وما لم تحدث العدوى بسرعة ، فإن الكثير من الميكروبات ، التى خرجت من المصاب ، تسبح بالهواء ، أو تسقط على الأرض ، حيث تهلك بتأثير أشعة الشمس ، أو الجفاف .

- عن طريق الجهاز الهضمى

وذلك كما يحدث بالنسبة لبكتريا التيفود ، والكوليرا ، والدوسنتاريا، والفيروسات المعوية .

وتخرج الميكروبات مع البراز ، وأحيانا مع البول ، ويساعد فى نشرها المياه والأغذية ، ويلعب الذباب دورا هاما ، فى نشر هذه الميكروبات .

- عن طريق اللمس المباشر

وذلك كما يحدث مع بكتريا السيلان والزهرى ، وهذه البكتريا حساسة، ولاتستطيع أن تبقى خارج عائلها لمدة طويلة ، ويناسبها الإنتقال المباشر ، ولذا ، فهى تنتشر بالاتصال أو اللمس ، بين المصاب والسليم .
وينتقل بالإتصال المباشر أيضا، بعض الأمراض الجلدية ، مثل القراع.

وقد تنتقل بعض الميكروبات ، بطريقة اللمس غير المباشر ، عن طريق الفوط وماشابه ، كما يحدث عند إنتقال عدوى العيون ، وبعض الأمراض الجلدية .

- عن طريق الجلد

وذلك كما يحدث فى حالة بكتريا الحمى الفحمية . التى تنتقل من خلال جرح أو قطع بالجلد ، عند رعاية إنسان سليم ، لحيوان مريض .

- عن طريق عوائل وسطية

تقوم العوائل الوسطية ، مثل المفصليات وبعض الحيوانات ، بنشر بعض الأمراض بين المرضى والأصحاء ، وقد يتم نقل الميكروبات بطريقة ميكانيكية ، كما فى حالة نقل الذباب لبكتريا التيفود ، والكوليرا ، أو بعد أن يمضى الميكروب جزءا من دورة حياته ، بالعائل الوسطى ، كما فى حالة بروتوزوا الملاريا مع البعوض ، وريكتسيا حمى جبال روكى مع القراد .

ومن أمثلة الأمراض المنقولة عن طريق عوائل وسطية

أ- عن طريق المفصليات والحشرات

حمى جبال روكى بواسطة القراد ، الطاعون بواسطة البراغيث ، الملاريا بواسطة بعوض الأنوفيليس Anopheles ، الفلاريا بواسطة بعوض الكيولكس Culex ، الحمى الصفراء ، وحمى الدنج بواسطة بعوض الإيدز Aedes ، التيفوس بواسطة القمل ، خاصة قمل الجسم ، الحميات المعوية وتلوثات الجلد وأمراض العيون ، بواسطة الذباب ، وهذا دوره ميكانيكى فى نقل الأمراض .

ب- عن طريق الفقاريات

مثل السعار بواسطة الكلاب ، وحيوانات أخرى ، ومثل السل ، والبروسيلا ، والحمى الفحمية ، بواسطة البقر .

عموما ، يمكن تلخيص طرق الإنتشار الرئيسية ، التى تنتقل عن طريقها الميكروبات المرضية المعتادة ، إلى خمسة طرق ، وهى

- ميكروبات منقولة عن طريق الهواء Air - borne
- ميكروبات منقولة عن طريق الأغذية والمياه Food and Water - borne
- ميكروبات منقولة باللمس المباشر Direct contact
- ميكروبات منقولة بواسطة مفصليات الأرجل Arthropod - borne
- ميكروبات منقولة عن طريق الجروح Wounding ، وعن طريق الحقن Injection ، ونقل الدم Blood transfusion ، كما فى أمراض الإلتهاب الكبدى ، والإيدز .

الوبـــــاء Epidemic

عندما ينتشر المرض المعدى ، بين عدد كبير من الأشخاص ، فإنه يسبب حالة وبــاء Epidemic ، وغالبا ما يحدث ذلك موسميا .

والوباء متعدد الأنواع ومنه

- وبـــاء محلى
وهـــو إنتشار المرض فى جهه ما ، بين مجموعة كبيرة من الأشخاص ، خلال فترة قصيرة ، وقد يكون الوباء المحلى محصورا فى مجتمع صغير، وله مصدر واحد عام ، فيسمى بالإنتشار الوبـــائى المحـــدود Outbreak .

- وبــاء متـــوطن Endemic
وهنا يـــلاحظ ، أن المرض منتشر باستمـــرار ، فى جهة من الجهات ، كما فى حالة مرض الكوليزا بالهند .

- وبـــاء عـــام Pandemic
يحدث الوباء العام ، وقد يسمى بالوباء الشامل ، عنـــدما ينتشر الوبـــاء المحلى ، بصـــورة واسعـــة ، من منطقته الجغرافية المحدودة ، ليجتـــاح بلـــدان عـــديـــدة ، قد تصـــل لقارات ، كما حدث أكثر من مرة ، من وباء الأنفلونزا ، الذى بدأ محليًا فى أحد البلدان ، كالصين مثلا ، ثم تحول إلى وبـــاء عـــام .

References

Baron, S. (ed.) (1982). Medical microbiology. Addison - Wesley, Menlo Park, California, USA.
Joklik, W.K.; Hilda P. Willett and D.B. Amos (1984). Zinsser microbiology, 18th Ed. Appleton Century Crofts, Norwalk, Conn.
Linton, A.H. (1987). Microbes, Man and Animals. John Wiley & Sons, New York.

الفصل التاسع
ثالثاً

المقاومة والمناعة

- المقاومة
- المقاومة الطبيعية
- وسائل الدفاع الخارجية
  - حواجز المقاومة الميكانيكية والكيميائية
- وسائل الدفاع الداخلية
  - الإلتهاب
  - الإلتقام (البلعمة)
  - أنواع خلايا الدم التى لها علاقة بالعدوى
  - جداول [٩ (٣)-١، ٢، ٣]
  - نظام المكمل
  - الإنترفرونات
  - الـــدم
- المناعة
  - طبيعية أو موروثة
  - مكتسبة
  - دور النظام المناعى بالجسم
  - أنواع الإستجابة المناعية
    - إستجابة بالأجسام المضادة
    - إستجابة بواسطة الخلايا
  - تكون وتطور أنواع الإستجابة المناعية
  - شكل [٩ (٣)-٤]
- المراجـــع

الفصل التاسع - ثالثا

المقــاومـــة والمنـــاعـــة
Resistance and Immunity

المقـــــاومـة

تلعب الأحوال العامة للعائل ، من حيث الحالة الصحية ، العمر ، نوعية التغذية ، السكن ، الظروف الإجتماعية ، والإقتصادية ... الخ ، دورا فى منع المـــــرض . وبجـــانب ذلك ، يمتـلك العـــائل عــــددا من وســـــائل الدفـــاع Defense mechanisms الخارجية والداخلية ، التى يستخدمها لمنع حدوث العدوى.

وتعرف قدرة الجسم على إيقاف نمو الميكروب الدخيل ، ومنع حدوث العدوى، بالمقاومة Resistance .

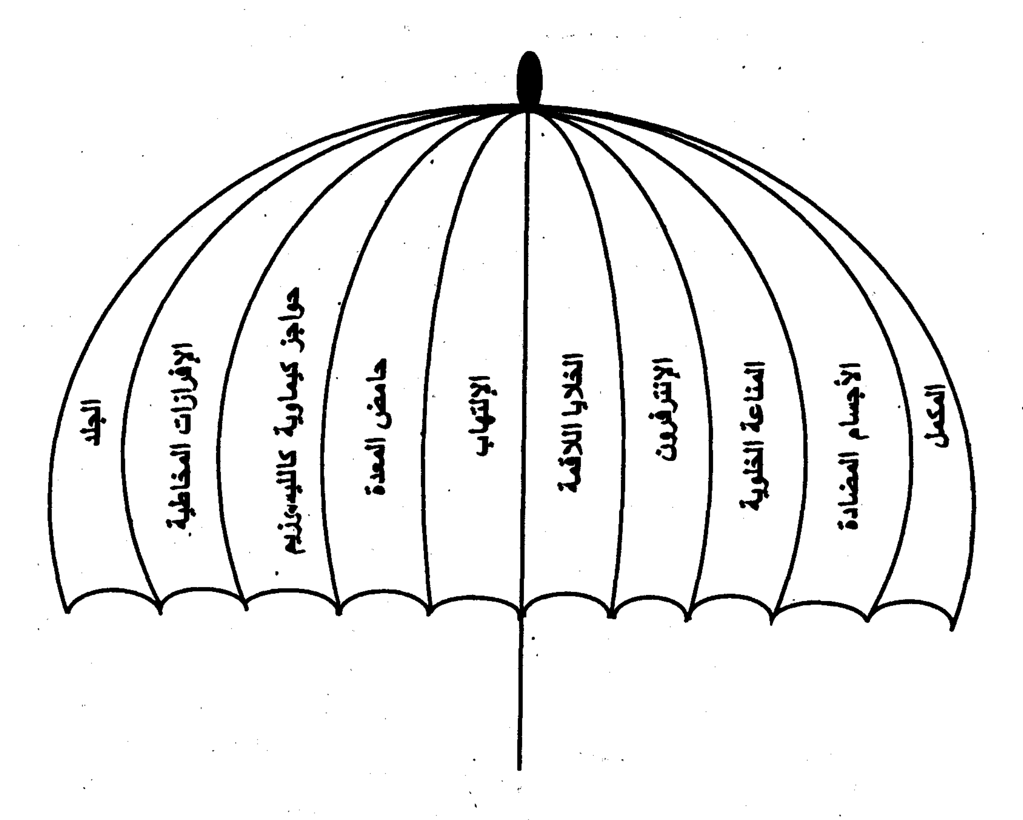
ويوجـــد نوعـــان رئيسيان من المقاومة ، مقاومة غير متخصصة Non - specific ، ومقاومة متخصصة Specific . .

المقاومة غير المتخصصة ، وتعرف بالمقاومة الطبيعية Natural resistance ، وهى مقاومة عامة General ، غير متخصصه لمقاومة ميكروب معين ، وتوفرها مجموعة من عوامل الدفاع الموروثة ، وحواجز المقاومة الميكانيكية ، والكيميائية ، كما توفرها خلايا وموادا عديدة بالجسم ، مثل الخلايا الملتقمة ، وخلايا الليمف الطبيعية غير المتخصصة ، والعامل المكمل، والإنترفرون . . .

أما المقاومة المتخصصة ، وقد تعرف بالمناعة Immunity ، فهى متخصصة Specific فى مقاومة ميكروب معين ، وتوفرها عوامل معينة ، مثل الأجسام المضادة التى تتفاعل بتخصص مع ميكروب معين ، وإن كان ينظر الآن إلى المناعة ، على أنها تشمل كلا من مقاومة العائل الطبيعية ، ومقاومة العائل المتخصصة (المكتسبة) ، ضد مرض معين . وسيفصل ذلك فى صفحات تالية من هذا الفصل .

وعند حدوث العدوى ، فإن كلا من أجهزة المقاومة الطبيعية ، والمتخصصة ، يعملان معا ، لمقاومة الميكروب المهاجم ، والتغلب عليه .

والشكل ٩(٣)-١ التخطيطى التالى، يوضح المظلة المناعية الواقية للإنسان.



شكل ٩(٣)-١ : شكل تخطيطي يوضح المظله المناعية الواقية ، التى يعيش تحتها الإنسان .

المقـــاومة الطبيعيـــة Natural resistance

المقاومة الطبيعية للعدوى ، مقاومة عامة وغير متخصصة ، ويؤثر فى درجتها عوامل عديدة ، منها أنها تختلف حسب النوع والسلالة ، وحتى بين الأفراد .

فتختلف المقاومة الطبيعية بين نوع حيوانى وآخر ، وتسمى فى هذه الحالة ، بمقاومة النوع Species resistance . وتعود إختلافات المقاومة بين الأنواع ، إلى الفروق القائمة بينها فى التركيب الوراثى ، والتشريحى ، والتمثيل الغذائى ، والوظائف الفسيولوجية للأعضاء . مثالا على ذلك ، نجد أن خنازير غينيا ، قابله للإصابة بدرجة كبيرة ببكتريا السل ، بينما نجد أن الإنسان ، مقاوم لهذا المرض ، بدرجة نسبية أكبر .

كما تختلف المقاومة الطبيعية ، بإختلاف السلالة ، وتسمى فى هذه الحالة ، بالمقاومة العرقية Racial resistance ، وكمثال ، فإننا نجد أن زنوج أفريقيا المقيمين بأمريكا ، مقاومين لمرض الملاريا ، عن الأمريكان البيض، القابلين للإصابه بهذا المرض ، وقد تعود تلك المقاومة العرقية ، إلى عدم وجود مستقبلات لطفيل الملاريا ، على كرات الدم الحمراء للزنوج .

وتختلف المقاومة الطبيعية أيضا من فرد لآخر ، وتسمى فى هذه الحالة مقاومة فردية Individual resistance . ففى عائلة كبيرة العدد ، نجد أن طفلا معينا بها ، لايصاب بالحصبه مثلا ، رغم إصابة جميع أطفال تلك العائلة ، أو أن العائلة بأكملها تصاب بالتسمم الغذائى العنقودى ، عدا فردا واحدا ، رغم تناولهم جميعا نفس الطعام .
وتعود المقاومة الفردية ، إلى عامل أو أكثر ، من العوامل الخاصة بالفرد ، منها الحالة الصحية ، العمر ، الجنس ، التغذية ... الخ .

ومن عوامل المقاومة الطبيعية ، وسائل الدفاع الخارجية للجسم External defense mechanism ، وهذه تشمل الحواجز الميكانيكية مثل الجلد ، والحواجز الكيميائية ، مثل بعض إفرازات الجسم كالليسوزيم .
وتشكل الحواجز الميكانيكية ، والكيميائية خط الدفاع الأول للجسم، ضد الميكروبات المهاجمة .

وســـائل الدفـــاع الخارجية External defense mechanisms

حواجز المقاومة الميكانيكية والكيميائية
Mechanical and chemical barriers of resistance

يعتبر الجلد والأغشية المخاطية السليمة ، وكذلك شعر الأذن ، والأنف من حواجز المقاومة الميكانيكية ، لأنها بصفة عامة ، تمنع نفاذ الميكروبات للداخل ، كما أن حامض اللاكتيك والأحماض الدهنية ، المفرزة بواسطة الغدد العرقية والدهنية ، تخفض من الرقم الإيدروجينى ، مما يثبط من نمو البكتريا على سطح الجلد . وإن كان هذا لا يمنع تحت بعض الظروف ، عندما يصبح الجلد مثلا ، رطبا وطريا لفترات طويلة ، من نمو بعض الفطريات ، وتكاثرها بالجلد ، مثل فطريات مرض قدم الرياضى Athlete's foot ، مسببه عدوى الجلد .

وتشكل الإفرازات المخاطية ، بالمسالك التنفسية ، والقناة الهضمية، والمسالك البولية التناسلية ، تشكل غطاء واقيا للأغشية المخاطية بهذه الأعضاء ، كما ان تلك الإفرازات المخاطية ، تمسك الكثير من المجهريات وتحجزها ، حتى يتم التخلص منها ، أو تفقد قدرتها على العدوى .

وبالإضافة إلى عمل الإفرازات المخاطية ، واللعاب ، والدموع ، كحاجز ميكانيكى فى إزالة البكتريا ، فإن بعضا من هذه الإفرازات ، يحتوى على مواد مضادة للميكروبات ، تمنع حدوث العدوى ، مثالا على ذلك ، إنزيم الليسوزيم، الذى يوجد فى كثير من إفرازات الجسم ، خاصة الدموع ، ويقوم بتحليل جدر البكتريا ، كما أن حموضة وقلوية ، بعض السوائل الجسدية ، تثبط نمو الكثير من الميكروبات .

وبالإضافة إلى وسائل الدفاع الخارجية ، فإن من عوامل المقاومة أيضا ، وسائل الدفاع الداخلية للجسم ، سواء الطبيعية أو المتخصصة . فإذا ما نجح الميكروب المهاجم ، فى إختراق خطوط الدفاع الخارجية ، التى تشكل خط الدفاع الأول للجسم ، فإنه سيواجه بوسائل الدفاع الثانية ، وهى وسائل الدفاع الداخلية . وهذه ، قد تكون غير متخصصة فى عملها، مثل الناتجة من الملتقمات ، أو متخصصة ضد ميكروب معين ، مثل الناتجة من الأجسام المضادة .

والتخطيط التالى ، يوضح العلاقات المتبادلة ، بين وسائل دفاع الجسم المختلفة .

وسائل دفاع الجسم

- خارجية
  - الحواجز الميكانيكية كالجلد
  - الإفـــــرازات المخاطيـــــة
  - الحـــواجز الكيميائيـــــة مثل ليســــــوزيم الدمــــــوع
- داخلية
  - غير متخصصة مثل
    - الإلتهاب ، الخلايا الملتقمة،
    - المكمـــــــل ، الإنترفرون
    - خلايا ليمف غير متخصصة
  - متخصصة مثل
    - أجســــــام مضـــــادة
    - خـــــلايا ليمف متخصصة

وسائل الدفاع الداخلية Internal defense mechanisms

الإلتهـــــاب Inflammation

عندما يخترق الميكروب ، أو أى جسم غريب ، الأغشية السطحية للجسم ، فإنه يسبب حول مكان الدخول إلتهابا .

والإلتهاب مجموعــــه من العمليات المعقـــدة ، تحدث فى المكان المتأثر ، وله أربعة علامات مميزة ، هى : الإحمرار Reddening (Erythema) ، السخونة الخفيفة Heat ، الإنتفاخ Swelling ، ثم الألم غالبا Pain .

وتظهر هذه العلامات المميزة للإلتهاب ، نتيجة لزيادة ورود الدم فى مكان العدوى ، وزيادة النشاط الإنزيمى ، ولإفراز أنسجة العائل وبلازما الدم، بعض المـــواد التى تحفز حدوث الإلتهاب ، ونتيجة أيضا للتوكسينات الميكروبية .

وعادة ما يكون الإلتهاب حادا ، وينتهى ذاتيا بعد فترة قصيرة ، وفى بعض الحالات ، قد يصبح الإلتهاب مزمنا .

ونتيجة للإلتهاب ، الناتج من عدوى ميكروبية ، يزداد ورود الخلايا المدافعة بالدم ، ويزداد تركيزها حول الجزء المصاب ، وتعمل على مهاجمة الخلايا الغريبة ، والتقامها .

ويسمى السائل الناتج من الإلتهاب بالصديد Pus ، ويحمل الصديد ، السيروم ، والليمف ، والميكروبات ، والخلايا الحية والميته ، وكرات الدم البيضاء .

تلعب عملية الإلتهاب دورا فى المقاومة ، حيث يتم من خلالها ، محاصرة الميكروب المهاجم فى مكان دخوله ، مع محاولة التخلص منه . فإذا ما نجح الميكروب فى الهروب ، من خلال الأوعية الدموية أو الليمفاوية، فإنه سيقابل الخلايا الملتقمة المتخصصة ، وتوضح جداول [٩(٣) - ١، ٩(٣) -٢ ، ٩(٣) - ٣] ، أنواع ونسب خلايا الدم ، التى لها علاقة بمقاومة العدوى .

الإلتقام (الإلتهام ، البلعمة) Phagocytosis

تلعب الخلايا الملتقمة (الملتهمة ، البلْعميات) ، *Phagocytes ، دورا هاما ، فى مقاومة الميكروب المهاجم ، وحماية الجسم من العدوى ، ويوجد نوعين من الخلايا الملتقمة [جداول ٩(٣) - ١ ، ٩(٣) - ٢ ، ٩(٣) - ٣] .

١- كرات الدم البيضاء المحببه مفصصة النواة ، خاصة تلك المحبة للصبغ بالصبغات المتعادلة

Poly morpho nuclear granulocytes , The polymorphs (mainly neutrophils)

تمثل كرات الدم البيضاء المحببه ، الخط الأمامى ، من خطوط الدفاع الداخلية بالجسم ، وهى تنتج فى نخاع العظام ، وتنتشر بأعداد كبيرة فى الدم (عددها حوالى ٦ x ١٠^٣ / مل دم شخص طبيعى) ، وتتجه لأماكن الإلتهاب لتؤدى مهمتها ، وتعيش بالدم لعدة أيام فقط ، ثم تموت ، ويحل محلها خلايا أخرى جديدة ، ناتجة من نخاع العظام .

(*) Phagocytes تعنى الخلايا الأكالة

جدول ٩ (٣) - ١: أنواع خلايا دم جسم الإنسان ، التى لها علاقة بمقاومة العدوى

نوع الخلايا	مكانها	مصدرها	عملها
كرات الدم البيضاء Leucocytes	الدم	- نخاع العظام - الخلايا الجذعية (٢) Stem cells	- تقسم حسب تركيبها، وقابليتها للصبغ - فوائدها متعددة [انظر جدول ٩ (٣) - ٢]
خلايا البلازما (١) Plasma cells	- عقد الليمف - أنسجة الليمفويد (الطحال والثيموسية)	الخلايا الليمفاوية B (Lymphocyte B)	إنتاج أجسام مضادة
الملتقمات الكبيرة Macrophages - خلايا متجولة Wandering - خلايا ثابته Fixed	أنسجة الجسم الرئه ، البطن - النسيج الضام - الكبد ، والطحال	من كرات الدم البيضاء وحيدة النواه monocytes	الإلتقام

(١) نوع من الخلايا ذات خواص مورفولوجية ميكروسكوبية مميزة ، ولا يعنى تعبير خلايا البلازما ، عن خلايا بسائل الدم ، البلازما

(٢) خلايا بنخاع العظام

جـدول ٩(٣)-٢: أنواع كرات الدم البيضاء

تقسم كرات الدم البيضاء ، حسب تركيبها ، وقابليتها للصبغ ، إلى

النـــــوع	مكـانها	مصـــدرها	الوصـــف	الأهميـة
كرات الدم البيضاء Leucocytes				
١- الخلايا المحببه مفصصه النواه Poly morpho nuclcear granulocytes	الـــدم	نخـــاع العظام ، والخلايا الجذعية	بها حبيبات عديدة منتشرة فى السيتوبلازم والنوايات على شكل فصوص	
١-١ محبـــه للصبغات المتعادلة Neutrophils			قابلـــة للصبغ بالصبغات المتعادلة	الإلتقام
١-٢ محبـــــه لصبغة الأيوسين الحامضية Eosinophils			قابلة للصبغ بصبغة الأيوسين الحامضية (لون احمر)	الإلتقام
١-٣ محبـــه للصبغات القاعدية Basophils			قابلـــه للصبغ بالصبغات القاعـدية مثـل الجنسيان (لون بنفسجى)	إنتاج الهيستامين

تابع جدول ٩(٣)-٢ :

النوع	مكانها	مصدرها	الوصف	الأهمية
٢- الخلايا الليمفاوية Lymphocytes	البلازما، نسيج الليمفويد، الطحال ، الغدة الثيموسية Thymus	- أعضاء الليمفويد - نخاع العظام - الخلايا الجذعية	- أصغر من كرات الدم البيضاء وحيدة النواه - لها نواة كبيرة - ذات سيتوبلازم قليل	تكوين خلايا T,B
٣- كرات الدم البيضاء وحيدة النواه Monocytes	الدم	- نخاع العظام - الخلايا الجذعية	- أكبر من الخلايا المحببة مفصصة النواه - لها نواه واحده ، تشبه حدوة الحصان أو بيضاوية - بها حبيبات قليلة بالسيتوبلازم	الإلتقام

جـــدول ٩(٣) - ٣: أحجام ونسب أنواع كرات الدم البيضاء بالدم الطبيعى

النـــوع	الحجم/ميكرومتر	النسبـــة منسوبـــة إلى العـــدد الكـــلى لكرات الـــدم البيضـــاء
كـــرات دم بيضـــاء		
١- خـــلايا محببة مفصصه النواه	١٢-١٤	
١-١ محبه للصبغات المتعادلة		٦٠-٧٠
١-٢ محبه للصبغات الحامضية		٠ - ٤
١-٣ محبه للصبغات القاعـدية		٠ - ٢
٢- الخـــلايا الليمفـاويـــة	٧ - ١٠*	٢٥-٣٠
٣- خـــلايا وحيـــدة النـــواة	١٦-٢٢	٢ - ٨

* فى حالة عـدم النشاط

وتحتوى كرات الدم البيضاء المحببة ، على عدد كبير من الإنزيمات، والمواد المضادة للميكروبات ، التى تحلل بها الميكروبات وتقتلها . وتوجد هذه المواد ، فى جسيمات محاطه بغشاء ، تسمى ليسوسوم Lysosome .

٢- الملتقمات (البلعميات) الكبيرة Macrophages

تنتج الملتقمات الكبيرة ، من كرات الدم البيضاء وحيدة النواة Monocytes ، وهذه تنتج من نخاع العظام .

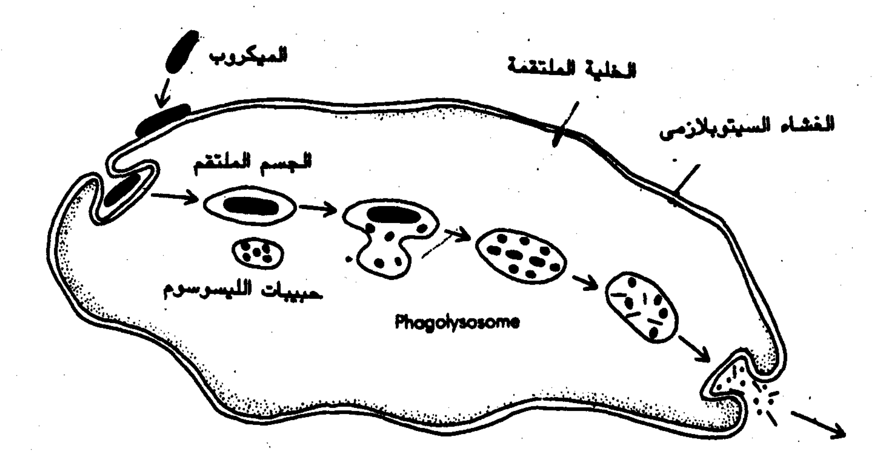
والملتقمات الكبيرة ، عكس الخلايا البيضاء المحببة ، تعيش بالأنسجة لمدة أطول ، تصل لأسابيع وأشهر ، وهى منتشرة بكل الجسم ، ولكن بأعداد أقل من الخلايا المحببة . وتحتوى الملتقمات الكبيرة أيضا ، مثل الكرات البيضاء المحببه ، على الليسوسومات ، التى يوجد بها المواد المحللة للميكروبات .

ميكـــانيكية الإلتقـــام Mechanism of phagocytosis

عند وجود المستقبلات المناسبة ، بين الخلية الملتقمة (الملتهمة) والميكروب ، يرتبط الميكروب بسطح الخلية الملتقمة . ويساعد على زيادة قوة الإرتباط ، وجود الأجسام المكملة Complement بسيروم الدم ، وكذلك وجود الأجسام المضادة ، المسماه بالطاهيات Opsonins (أجسام بروتينية بالسيروم) ، التى تسهل عملية إلتهام الميكروب ، بواسطة الخلايا الملتقمة.

بعد الإلتصاق ، يمتد من الخلية الملتقمة ، زوائد أميبية قصيرة ، تحيط بالميكروب ، فتتكون فجوة ، تسمى بالجسم اللاقم Phagosome ، ويتحرك نحو الفجوة ، حبيبات الليسوسوم ، وهى الأجسام التى تحمل الإنزيمات المحللة، وتدخل الحبيبات بداخل الفجوة ، وتحلل الميكروبات [شكل ٩(٣) - ٢] .

وتستغرق عملية قتل أغلب الميكروبات ، بضع دقائق ، وإن كان التحلل الكامل للميكروب ، يتم فى عدة ساعات



شكل ٩(٣) - ٢: إلتقام خلية ميكروبية

نظـــام المكمـــل Complement system

المكمل (المتمم) ، إحدى عشر نوعا ، ويرمز لكل ، بالرمز C ، مع إعطاء الرقم أو الرمز المناسب لكل نوع ، مثل C_1 ، C_{4b} ... الخ ، وجميعها ينتمى من حيث التركيب الكيميائى ، إلى البروتينات .

ويوجد المكمل طبيعيا ، فى سيروم الدم ، وهو حساس للحرارة Thermolabile ، وغير متخصص فى تفاعلاته ، وسمى بالمكمل ، لأن له تأثير مكمل ، على بعض التفاعلات المناعية ، الخاصة بالأجسام المضادة ، وتتضمن هذه التفاعلات ، تسهيل عملية الإلتقام ، فى وجود الطاهيات ، Opsonization، وزيادة التجاذب الكيميائى Chemotaxis ، وتسهيل تحلل الخلايا Cell lysis .

التفاعلات المناعية ، الخاصة بتعادل الأجسام المضادة ، مع الفيروسات ، والتوكسينات ، ذات عامل مؤثر على زيادة مقاومة العائل ، وفيما عدا ذلك من تفاعلات مناعية ، فإن عمل الأجسام المضادة بمفردها ، يقتصر على الإتحاد بالأنتجين ، بتجميعه أو بترسيبه ، وهذه التفاعلات لوحدها ، وسائل غير كافيه لزيادة مقاومة العائل . ولكن إذا ماوجد المكمل، فإن التأثير المناعى ، الناتج من تفاعل الجسم المضاد مع الأنتجين ، يزداد ، بتسهيل عملية الإلتقـــام فى وجود الطاهيات Opsonins ، وتحلل الخلايا الغريبة ، وعلى ذلك ، فإنه نتيجه لوجود المكمل ، تزداد مقاومة العائل .

تحتاج تفاعلات المكمل ، فى عملها المناعى ، إلى وجود ثلاث مكونات بالدم ، هى : الأنتجين ، والجسم المضاد ، والمكمل نفسه . ويبدأ التفاعل، بإتحاد الجسم المضاد بسطح الأنتجين ، فيحدث تنشيط للمكمل ، يدفعه للإلتصاق بسطح المركب (الأنتجين - الجسم المضاد) ، فيما يعرف بعملية تثبيت المكمل Complement fixation ، وبذلك ، يكمل التفاعل المناعى فى وجود المكمل ، سواء أكان هذا التفاعل خاصا ، بمقاومة الميكروبات ، أو بالتشخيص السيرولوجى .

الإنتـرفـرونــات Interferons

الإنترفرونات عدة أنواع ، وكلها بروتينات ، ذات وزن جزيئى صغير، يتراوح من ٢٠ إلى ١٠٠ ألف دالتون ، وتنتجها خليه العائل ، نتيجة للإصابة بالفيروس .

والإنترفرون ، عامل مضاد للفيروسات ، ولكن بدون تخصص لفيروس معين ، Non-specific antiviral agent ، ولكنه متخصص ، بالنسبة لخلايا نوع العائل التى أنتجته Cell - specific species ، فالإنترفرون الذى أنتجته خلايا آدميه ، يحمى بشكل أساسي خلايا الإنسان ، ولكن قدرته ضعيفة ، على حماية خلايا أرنب ، أو فأر ، أو أى حيوان آخـر .

يسبب الإنترفرون زيادة فى مقاومة العائل ، بطريقة غير مباشرة ، فهو لايتحد مباشرة بالفيروس ، ولكنه يحث خليه العائل ، على تكوين بروتين مضاد Anti - viral protein ، للفيروسات الأخرى المهاجمة . والبروتينات المضـادة المتكونـة ، تمنع تضاعف الفيروسات المهاجمـة ، داخـل خـلايا العائـل ، نتيجـة لتثبيطها للنظام الخاص ، بتمثيل الحامض النووى للفيروس Viral NA synthetase system .

ورغم أن الإنترفرون ، يلعب دورا فى حماية خلايا العائل من الفيروسات ، إلا أن استعماله الإكلينيكى حتى الآن قليل ، لأنه غير ثابت ، فى سوائل أنسجة العائل .

الـــــــــدم Blood

يلعب الدم دورا رئيسيا فى التفاعلات المناعية ، وفى الدراسات الخاصة بها ، ومن هذه الزوايا ، يمكن القول ، بأن الدم يحتوى على سبعة مكونات رئيسية ، هى : كرات الدم الحمراء ، كرات الدم البيضاء ، الصفائح، الفيبرين ، سائل الليمف ، البلازما ، والسيروم . وتوجد كرات الدم الحمراء والبيضاء والصفائح ، معلقة فى سائل الدم ، البلازما ، قبل تخثره .

كــرات الـدم الحمـراء Erythrocytes

الكرات الحمراء ، ذات قطر حوالى ٨ ميكرومتر ، ويصل عددها بدم الإنسان العادى ، إلى حوالى ٥ مليون خليه / مل دم . وهى لاتحتوى على نواه ، وتعطى الدم لونه الأحمر ، وتحمل الأكسجين ، من الرئه إلى الأنسجة، وثانى أكسيد الكربون ، من الأنسجة إلى الرئــه .

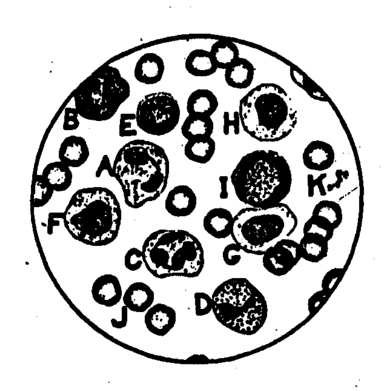
ويعود لون الدم الأحمر ، إلى الصبغة التنفسية الحاملة للأكسجين ، الموجودة بكرات الدم الحمراء ، المسماه هيموجلوبين ، وتتركب تلك الصبغة من بروتين وحديد . وعندما تتحطم كرات الدم الحمراء ، بسبب الإنتفاخ الأسموذى Plasmoptysis ، أو السموم ، أو الميكروبات ... الخ ، يحدث تحللا لجدر خلايا كرات الدم الحمراء Hemolysis ، وينساب منها الهيموجلوبين ، ويصبح الدم ، كالحبر الأحمر ، شفافا .

كــرات الـدم البيضـاء Leucocytes

الكرات البيضاء ، خلايا عديمة اللون ، كبيرة الحجم نسبيا ، قطرها يتراوح من ١٠ إلى ٢٠ ميكرومتر ، ويصل عددها ، إلى حوالى ٨ آلاف خلية لكل مل دم ، ولها نواة محددة . وكرات الدم البيضاء عدة أنواع ، تقسم حسب تـركيبها ، وقـابليتها للصبــغ ، وأغلبهـــا ملتقمة للميكروبات . [جــداول ٩(٣) - ١، ٢، ٣ ، وشكل ٩(٣) - ٣] .

الصفائح (لويحات الـدم) Platelets

الصفائح ، جزيئات دقيقة ، ذات أشكال متعددة ، تشبه الصفائح الرقيقــة (ومن هنا جاءت التسمية) ، وهى أصغر حجما من كرات الدم الحمراء ، ويصل عددها ، إلى حوالى ٣٥٠ ألف / مل دم .



(١٠٠٠ X)

شكل ٩(٣)-٣: رسـم تخطيطى لغشاء مصبوغ بصبغة Jenner ، يوضح أشكال خـلايا الـدم المختلفـة

A , B , C : خـلايا محببة مفصصة النـــواه

D : خـلايا محبة للصبغات الحامضية ، ذات حبيبات ونواة على شكل فص

E : خلايا ليمفاوية

F , G , H : أشكال مختلفة لخلايا وحيدة النواه

I : خلايا ليمفاوية ، ذات نواة على شكل حدوة الحصان

J : خلايا كرات دم حمراء ، محدبة ، ذات شكل قرصى

K : الصفائـــح

وتلعب الصفائح ، دورا هاما فى تخثر الدم ، بتحويل الفيبرينوجين (مولد الفيبرين) ، إلى شبكه من الخيوط الدقيقة المجهرية ، التى تساعد فى عملية تخثر الدم .

مركبات الفيبرين Fibrin

الفيبرين ، أحـــد بروتينات بلازما الدم ، وهو ينشط بعد خروج الدم من وعائه ، وبمساعدة الصفائح ، يكون الفيبرين شبكه من الخيوط الدقيقة المجهرية ، التى تساعـــد فى تخثر الـــدم ، وتحجز بينها خلايا الدم والميكروبات ، فتوقف نزيف الدم ، وينفرد السيروم من الدم المتخثر .

الليمف Lymph

الليمف ، هو السائل الموجود بالأوعية الليمفاوية ، ويشبه إلى حد كبير بلازما الدم ، وقابل مثله للتخثر .

يتجمع السائل الليمفاوى من أجزاء الجسم المختلفة ، من بين الشعيرات الدموية وخلايا الجسم ، ويعود الليمف إلى الدم ، عن طريق جهاز دورى خاص به ، يتكون من شعيرات وقنوات ليمفاوية ، تصل إلى أوردة قريبة من الكتفين ، توصله إلى القلب .

يقوم سائل الليمف ، بإعادة خلايا البلازما ، التى خرجت من الأوعية الدموية ، إلى الدم ، كما يحمل معه فضلات الجسم الذائبة ، إلى الكليتين للتخلص منها ، ويحمل معه أيضا كرات الدم البيضاء ، الناتجة من الأنسجة الليمفاوية ، كما يعتبر الليمف ، وسط مزرعى مناسب ، تنمو به خلايا الأنسجة ، بالجسم .

البـــلازما Plasma

البلازما ، هو سائل الدم ، الذى يمثل حوالى ٥٥٪ منه ، وهو شفاف، ولونه مصفر ، ويوجد به مكونات الدم الأخرى ، من كرات حمراء ، وبيضاء، وصفائح ، وفيبرين ، التى تمثل جميعها حوالى ٤٥٪ من الدم .

يتكون البلازما من ٩٢٪ ماء ، والباقى وهو ٨٪ ، فإنه يمثل مجموعة من المواد الضرورية للحياة ، منها مواد عضوية ، مثل الجلوكوز ، والدهون، والأحماض الأمينية ، ومواد غير عضوية ، مثل الصوديوم ، والبوتاسيوم ، كما يحتـــوى البلازما على فيبرينوجين (مولد الفيبرين) ، وبروتين مثل الجلوبيولين ، وهرمونات مثل الأنسيولين ، والأدرينالين ، والرقم الإيدروجينى للبلازما -٧,٠ .

السيروم (المصل) Serum

السيروم ، هو البلازما الخالية من مادة الفيبرينوجين ، وهي المادة البروتينية التى تزول من البلازما بعد تخثر الدم ، ويرشح البلازما ، من الدم المتخثر ، كسائل باهت اللون .

تتكون بروتينات سيروم الدم ، التى أمكن فصلها حسب سرعة التحرك بنظام التفريد الكهربائى ، من أربعة مجاميع ، هى الألبيومين ، والفا ، وبيتا، وجاما جلوبيولين . وتنتمى أغلب الأجسام المضادة ، للجاما جلوبيولين ، ولذلك تسمى بالجلوبيولينات المناعية .

والجلوبيولين ، جزىء غير متناظر Asymmetrical molecule ، على شكل الأسطوانة أو السيجار ، ووزنه الجزيئي بالإنسان ، حوالى ١٦٠ ألف دالتون، وكأى بروتين فإنه يتلف بالحرارة، والأحماض والقلويات والكحولات ... الخ، ويمكن إكسابه صفات فلوروسنتية ، أو ترقيمه باليود المشع I^{131} ، وذلك لإستعماله فى الدراسات المناعية .

توجد الأجسام المضادة بالسيروم ، ويسمى السيروم المحتوى على الأجسام المضادة ، بالسيروم المنيع ، أو السيروم المضاد Anti - serum ، وهو قادر على الإتحاد بالأنتجين المتخصص ، فى المعمل ، أو فى الجسم .

المناعــــة Immunity

المناعة ، هى إحدى صور مقاومة الجسم لمنع حدوث العدوى ، وتحديدا ، فهى مقاومة العائل الطبيعية أو المكتسبة ، ضد مرض معين . وحديثا ، فقد إتسع هذا التعريف ، ليشمل الإستجابات المناعية ، للمواد الأنتيجنية غير السامة ، وغير المعدية ، مثل حبوب اللقاح ، وكرات الدم الحمراء ، وبعض الكيماويات .

تتم المناعة بطريقتين

١- طبيعية أو موروثة Natural or Inherited

وهذا النوع من المناعة ، يوجد طبيعيا بجسم العائل ، وهو يختلف بإختلاف النوع والسلالة والأفراد . ففيروس الحصبة ، معدى للإنسان ، ولكنه غير معدى للحيوان ، وزنوج أمريكا ، أكثر مقاومة للملاريا والحمى الصفراء، من الأمريكان البيض .

وتعود المناعة الطبيعية ، إلى خواص العائل الوراثية ، وإلى الإختلافات الموجودة بين الأنسجة فى الأنواع المختلفة ، من حيث قابليتها للإصابة ، ونشاطها الأيضى ، التى تحد من إستقرار ، وتكاثر ، الميكروب المهاجم بالنسيج المصاب .

٢- مكتسبــــه Acquired

أ - قد تتــم المناعــة المكتسبه بطريقة عرضية Accidental ، **وتسمى مناعة مكتسبــه عرضــا** ، كما يحدث عقب الإصابة مثلا بالحصبة ، أو الحمى القرمزية ، أو التيفود . فعقب الشفاء من هــذه الأمراض ، يكون المصاب قد اكتسب مناعة ضدها ، تحميه من الإصابة بها مــرة ثانية ، البعض من هذه الأمراض ، يسبب للعائل مناعة مكتسبه طول الحياة ، والبعض الآخر، يكسبه المناعة ضدها لمدة محدودة .

ب- وقــد تتم المناعة المكتسبه بطريقة إصطناعية ، **وتسمى مناعة مكتسبه إصطناعيا** Artificial ، ويتم ذلك بواسطة :

١- اللقــــاح (الفاكسين) Vaccine

وهنا تتم المناعـــة الإصطناعيــة ، بالتلقيح باللقاح المناسب ، وتسمى المناعــة الناتجــة ، **مناعــة فعاله أو نشطة** Active immunity ، كما فى حالة التلقيح ضــد التيفــود ، أو الكوليرا ، أو الجدرى ، أو الدفتريا ، والمناعـــة النشطة ، قد تستمر لمدة طويلة ، كما فى حالة الجدرى، أو تبقى لمدة قصيرة ، كما فى حالة الأنفلونزا .

وفى حالة المناعة النشطة ، فإن الجسم يكون أجسامه المضاده عقب الحث الأنتيجينى ، ولذلك ، تمر فترة بعد أخذ اللقاح ، حتى تتمكن خلايا الجسم خلالها ، من تكوين الأجسام المناعية ، بكمية كافية للحماية من المرض ، ولهذا، فإن طريقة المناعة النشطة ، تفيد كثيرا فى الوقاية من المرض ، قبل ظهور أعراضه على الجسم .

٢- الأجســـام المضـــــادة Antibodies

وهنا تتم المناعة الإصطناعية ، بنقل الأجسام المضادة السابق تحضيرها، بسيروم الدم ، أو بخلايا الليمفويد، إلى الشخص المعنى . وتسمى المناعة الناتجــة ، **مناعـــة منفعله أو منقولة** Passive immunity ، كما فى حالة إستعمال السيروم المضاد ، ضد توكسين التتانوس .

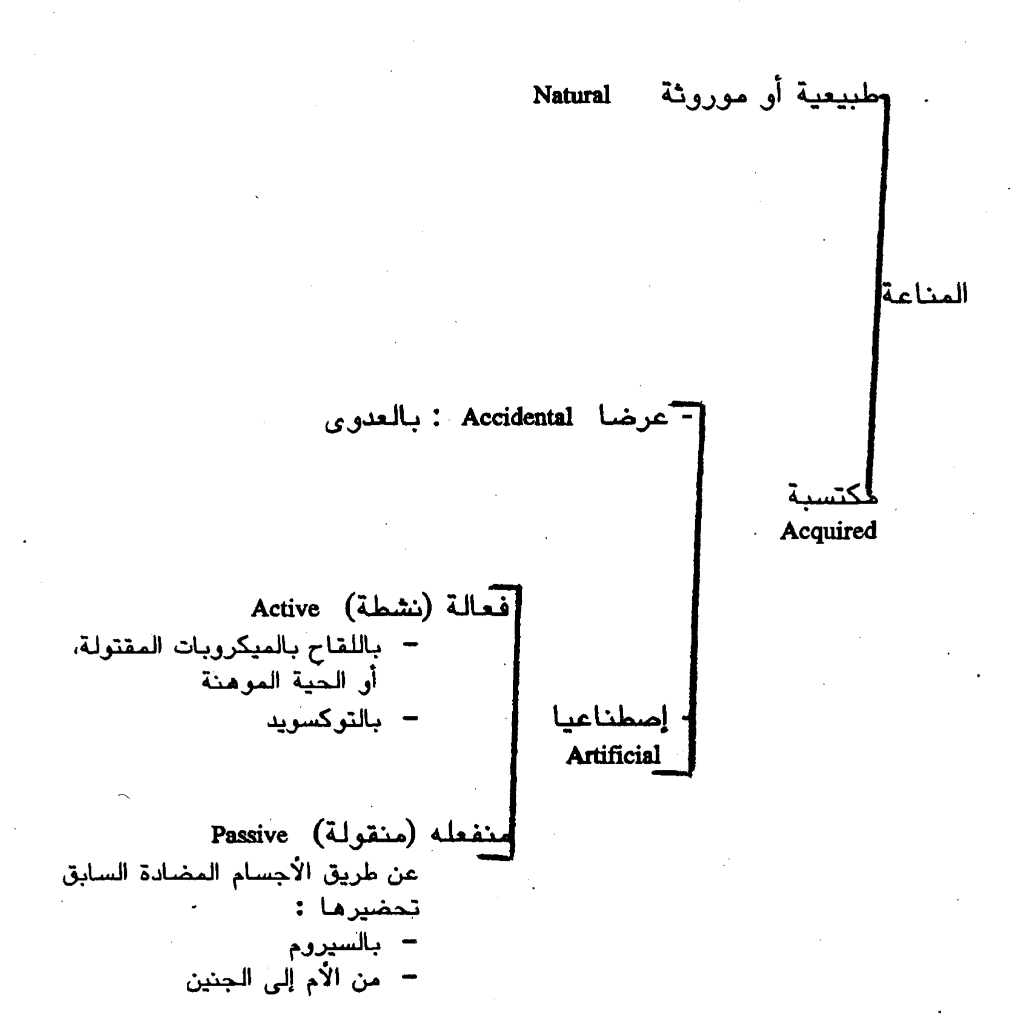
وتنتقل الأجسام المضادة المجهزة أيضا (مناعة منقولة) ، من الأم إلى الجنين أثناء الحمل ، عن طريق الدورة الدموية ، ومن الأم إلى المولود الجديد، بالرضاعة الطبيعية ، ولذلك ، نجد أن المولود الجديد ، منيع ضد بعض الأمراض ، كالدفتريا مثلا ، إلى عمر ٦ شهور .

تزود المناعة المنقولة الجسم ، بالأجسام المضادة مباشرة ، لذلك ، فهى تستخدم للعلاج ، بعد ظهور أعراض المرض .

وتستمر المناعـــة المنقولة بالجسم لمدة قصيرة ، حوالى ٣ - ٤ أسابيع ، تنقص بعدها تدريجيا ، يوما بعد آخر ، حتى تزول ، لأن الأجسام المضادة التى عومل بها الجسم ، غريبة عنه Heterologous ، أى ليست من نفس النوع .

أما المناعة المنقولة من الأم إلى الجنين ، فإنها تستمر بالمولود الجديد لفترة أطول نسبيا ، تصل لعدة شهور ، وذلك لأن الأجسام المضادة المنقولة من الأم ، ليست غريبة عن الجنين ، بل هى من نفس النوع Homologous ، ولذلك ، فإنها لاتختفي سريعا من الجسم .

والتخطيط التالى يوضح أنواع المناعة



دور النظـــام المناعى بالجسم

يشمل النظـــام المناعي Immune system ، أجهزة مقاومة العائل ، وطرق عملها .

والدور الذى يلعبه نظام الجسم المناعى ، بجسم العائل ، متعدد

- فقد يكون بالدفاع Defense ضد العوامل المرضية ، وذلك بواسطة الأجسام المضادة ، والملتقمات الكبيرة .

- أو بالمحافظة على الاستقرار المتجانس للجسم Homeostasis ، بالعمل على إستمرار الظـروف الطبيعيـة للجسـم ، بالإزالـة المستمرة للخلايا ، أو أجزائها التالفة ، وبالمحافظة على دوام المناعة الذاتية للجسم .

- أو بالرقـابة والترصـد Surveillance ، بالتعرف على الخلايا الغريبه عن الجسم منذ بدء تكونها ، مثل الخلايا السرطانية ، والعمل على إزالتها .

أنواع الإستجابة المناعية Types of immune response

عندما يتغلب الميكروب الممرض ، على مقاومة العائل الطبيعية غير المتخصصة Natural nonspecific resistance ، التى سبق الكلام عنها ، فإن الميكروب يواجه ، بوسائل العائل الدفاعية الثانية ، وهى المناعة المكتسبه المتخصصة Acquired specific immunity .

فبدخول الأنتجين ، كالميكروب الممرض مثلا ، بالجسم ، يحدث بالجسم إستجابة مناعية . ولهذه الإستجابة شكلان

١- إستجابة بالأجسام المضادة Humoral (fluid) response

وهذه الإستجابة ، يحفز إنتاجها خلايا ليمف ب[١] B-lymphocytes , B-cells، بعـــد إتحـــادها بالأنتجين . وتحفز أيضا خلايا ليمف ب ، إنتاج خـــلايا البلازما بالجسم .

٢- إستجابة بواسطـــة الخـــلايا Cell-mediated response

وهذه الإستجابة ، يحفز إنتاجها خلايا ليمف ت[٢] T-lymphocytes , T-cells.

تساعـــد خـــلايا T على قتل الميكروبـــات المهاجمة ، كما تساعد الملتقمات الكبيرة على تحطيم الميكروبات . وبالإضافة إلى ذلك ، فإن خلايا T ، تشجع خلايا B ، على زيادة إنتاج الأجسام المضادة ، فيما يعرف بعملية التعاون بين الخلايا Cell co-operation .
وتسبب خلايا T ، بعض حالات الحساسية التى تحدث بالجسم، وهى مسئولة أيضا ، عن رفض الجســم للأعضـــاء المزروعة به .

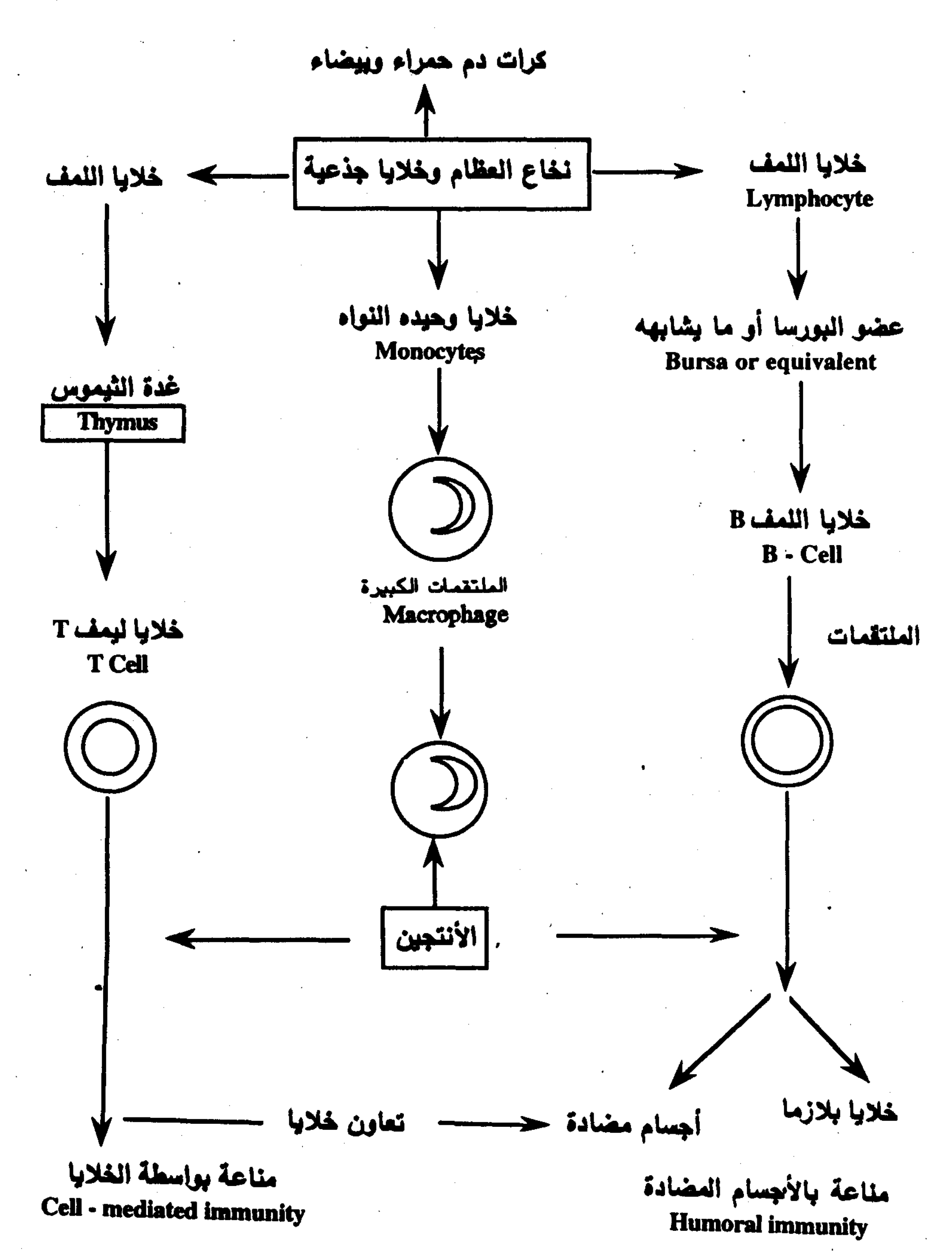
ويبين الشكل [٩(٣) - ٤] تكون ، وتطور ، أنواع الإستجابة المناعية .

خلايا ليمف T , B ، خلايا ليمف متخصصة ، محفزة للإستجابات المناعية المتخصصة التى تحدث بالجسم ، فهى المسئولة أساسا عن الاستجابة بالأجســام المضادة ، والإستجابة بواسطة الخلايا ، التى سبق ذكرها .

---

[١] سميت B-cells ، لأنه لوحظ ، أنه عقب إنتاج هذه الخلايا بنخاع العظام ، فإنها تمر على عضو ليمفويدى ، اسمه فى حالة الطيور Bursa of Fabricius ، وقد أخذت الخلايا حـــرف B ، من الحرف الأول بكلمة Bursa .

[٢] سميت T-cells ، لأنه عقب إنتاج هذه الخلايا بنخاع العظام ، فإنها تمر على الغدة الثيموسية Thymus (غدة أسفل الرقبه ، وتسمى بالعربية غدة التوته) ، ومن هنا أخذت حرف T .



شكل ٩(٣) - ٤ : تكون وتطور الإستجابة المناعية

وخلايا ليمف T , B ، خلايا صغيرة مستديرة ، ذات قطر حوالى ٧ ميكرومتر وهى فى حالة السكون ، وهى من كرات الدم البيضاء ، وتصنع (تنتج وتنضج) فى نخاع العظام ، والطحال ، والغدة الثيموسيه ، وتمر فى الدم ، إلى العقد الليمفاوية والطحال وباقى أنسجـــة الجسم ، ثم تعود ثانية إلى الدم ، خلال القنوات الليمفاوية ، وتوجد هذه الخلايا الليمفاوية ، بتركيزات عالية فى العقد الليمفاوية ، وفى أماكن إنتاجها .
وخلال دورة تلك الخلايا الليمفاوية ، فإنها تكون خلايا B ، المحفزة لتكوين الأجسام المضادة ، وخلايا T ، المحفزة للمناعة بواسطة الخلايا .

إذا كانت الإستجابة المناعية للجسم ، غير كافية للتخلص من الجسم الغريب ، يحدث ما يسمى بأمراض نقص المناعة Immune - deficiency diseases، ويعنى هذا ، عدم قدرة الفرد ، على تكوين مناعه بجسمه ، ضد العوامل المعدية ، مما يزيد من قابليته للعدوى بدرجة كبيرة ، كما فى عدوى الإلتهابات الرئوية ، والسرطانات ، والإيـدز ... وغيرها .

وتحدث أمراض نقص المناعة ، نتيجة

- نقص فى تكـوين خـلايا B ، وبالتالى نقص فى تكوين الأجسام المضادة المحتاج إليها الجسم ، رغم وجود خلايا T .

- عـدم تكوين خـلايا T ، بكميات كافيه بالجسم ، نتيجة ضمور فى الغدة الثيموسية، التى تعمل على إنضاج خلايا T بعد تكونها، فى نخاع العظام.

- نقص فى تكوين كلا من خلايا B وخلايا T .

References

Barrett, J.T.,(1983). Textbook of immunology. 4th Ed., Mosby, St. Louis, USA.
Tizard, I.R.,(1984). Immunology, an introduction. Saunders College Publishing, New York.

الفصل التاسع

رابعاً

الأنتجينات والأجسام المضادة

الفصل التاسع - رابعًا

الأنتجينات والأجسام المضادة
Antigens and Antibodies

الأساس فى المناعة المكتسبة ، هو قدرة النظام المناعى للعائل ، أى أجهزة المقاومة الخاصة به ، على التعرف والتمييز ، بين الخلايا والمواد المناعية الخاصة بذات العائل ، أى التى هو بذاته مصدرها ، Self - origin ، وتلك المواد التى ليس هو مصدرها Non - self origin .

وتتضمن المواد غير الخاصة بذات العائل ، حبوب اللقاح ، وزلال البيض ، والخلايا الخاصة بحيوانات أخرى ، والميكروبات ، والتوكسينات، واللقاحات . وهذه المواد ، إذا مادخلت الجسم ، فإنها تعتبر موادا غريبة عنه ، وتسمى أنتجينات.

الأنتجين Antigen

الأنتجينات ، وتسمى أيضا مولدات المضاد ، أو المستضدات ، هى أيه مادة ، التى عند دخولها للجسم ، تؤدى إلى حدوث مناعة مكتسبه ، وذلك بتكوين أجساما مضادة ، تدور مع الدم (إستجابة مناعية بالأجسام المضادة)، أو تؤدى ، إلى زيادة عدد الخلايا الليمفاوية المتخصصة (إستجابة مناعية بواسطة الخلايا) ، وتتحد كلا من الأجسام المضادة ، او الخلايا الليمفاوية ، بتخصص مع الأنتجين .

والمناعة المكتسبه بهذه الطريقة ، هى خط الدفاع الداخلى ، الأساسى ، لمقاومة الميكروبات المرضية ، إذ أنها ، هى التى تمكن الجسم ، من تدمير الميكروب المهاجم ، ومعادلة نواتجه السامة .

وعادة ماتؤخذ الأنتجينات ، بطريقة الحقن ، أى الوخز عن طريق الجلد ، ولاتؤخذ عن طريق الفم ، خوفا من إمتصاصها ، أو تأثرها بحموضة المعدة ، والإنزيمات المعوية ، وفقدها بالتالى ، لتأثيرها المناعى .

خــواص الأنتجيــن

لكى يكون للمادة خواصا أنتجينية ، فإنه يجب أن تكون

- مادة غريبة عن الجسم
- ذات وزن جزيئى مرتفع ، يزيد عادة عن ١٠ آلاف دالتون
- لها أكثر من مجموعة محددة لعملها ، لايقل عن إثنين
- قابلــة للذوبان فى بلازما الدم ، حتى تصل لمراكز تكوين الأجسام المضادة بالجسم

بعض الأنتجينات سكريات معقدة ، وإن كانت لاتعمل بمفردها ، مثل تلك المكونة لكابسول بكتريا الإلتهاب الرئوى ، ولكن أغلب أنواع الأنتجينات، بروتينات . وهذا لايعنى أن كل البروتينات ذات خواص أنتجينية ، فالجيلاتين مثلا ، رغم أنه بروتين ، إلا أنه ليس أنتجينى ، لأنه ينقص تركيبه ، بعض الأحماض الأمينيــة العطرية ، كالتربتوفان ، والثيروسين ، الهامه لجعل البروتين أنتجينى .

قــد يكون الأنتجين مادة ذائبه ، كالتوكسينات البكتيرية ، و سيروم الدم ، وقد يكون جزيئات كالفيروسات ، وخلايا البكتريا . وعادة ، فإن الأنتجينات التى على صورة جزيئات ، تكون أكبر تأثيرا من الناحية المناعية، من الأنتجينات الذائبه .

هناك بعض مواد ، غير أنتجينية ، تتركب من سكريات معقدة ، أو ليبيدات ، أو أحماض نووية ، تكون قادرة على الإتحاد مع الجسم المضاد ، ولكنها غير قادرة بمفردها على إنتاجه ، إلا بعد إتحادها مع البروتين . بمعنى أنه بإتحاد هذه المواد مع البروتين ، تصبح أنتجينية ، أى قادرة على تكوين الأجسام المضادة ، وتسمى هذه المواد أنتجينات غير كاملة ، أو مولدات مضاد غير كاملة ، أو هابتن Incomplete antigens , Haptens ، وذلك تمييزا لها عن الأنتجين الكامل Complete antigen ، القادر على إنتاج الأجسام المضادة ، وعلى الإتحاد معها .

قد تكون الأنتجينات غير الكاملة ، موادا معقدة التركيب ، ذات وزن جزيئى كبير ، مثل معقد سكريات كابسول بكتريا الإلتهاب الرئوى ، أو قد تكون بسيطة التركيب ، ذات وزن جزيئى صغير ، مثل بعض العقاقير ، ومواد التجميل . وتوجد الأنتجينات غير الكاملة فى عدد كبير من البكتريا ، مثل

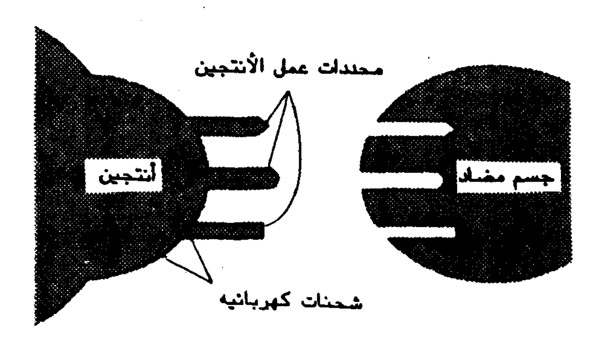
Streptococcus pneumoniae , *Shigella dysenteriae*

محددات عمل الأنتجين Antigenic determinants

يوجد على سطح الأنتجين ، وأحيانا بداخله ، مجموعة أو أكثر من مراكز التفاعل reactive sites ، ذات وزن جزيئى منخفض ، حوالى الف دالتون ، تسمى محددات عمل الأنتجين [شكل ٩(٤) - ١] . وسميت كذلك، لأنها هى التى تحدد تخصص الأنتجين ، فى تفاعله مع الجسم المضاد .

ويختلف عدد المحددات ، بين أنتجين وآخر ، ففى بعضها ، يصل العدد إلى ألف أو أكثر ، وفى بعضها ، لايزيد عددها عن إثنين ، أو ثلاثة .

هذه المحددات ، هى أماكن تفاعل الأنتجين مع الجسم المضاد ، وإلى هذه المحددات ، يعود تخصص الأنتجين ، نتيجة للإختلاف فى تركيب هذه المحددات ، وفى عددها ، وفى شحناتها الكهربائية ، وفى مدى تطابق سطوح كل من الأنتجين ، والجسم المضاد .



شكل ٩ (٤) - ١: رسم تخطيطى يوضح مراكز التفاعل بين الأنتجين والجسم المضاد .

ورغم أن أغلب الأنتجينات ، متخصصه فى تفاعلاتها ، إلا أن بعضها، قادر على تكوين أجسام مضادة ، تتفاعل مع خلايا ، وأنسجة كائنات عديدة، وتسمى هذه الأنتجينات ، بالأنتجينات خليطة الألفة **Heterophilic antigens** ، ومن أمثلتها ، أنتجينات فورسمان **Forssman(*) group of antigens** ، التى توجد فى كثير من أنواع البكتريا ، والنبات ، والحيوان ، وكذلك تفاعل التجمع ، الذى يحدث بين بكتريا **Proteus sp.** ، مع سيروم دم إنسان مصاب ، بركتسيا التيفوس .

المساعـــدات Adjuvants

المساعدات ، مواد عندما تحقن بالجسم مع الأنتجين ، فإنها تساعد الأنتجين على زيادة إنتاجه من الأجسام المضادة . من أمثلة تلك المواد ، الشبه (كبريتات البوتاسيوم والألومنيوم) ، أملاح الألومنيوم ، الجينات الصوديوم **Alginate** ، الزيوت ، والتوكسينات الداخليه للبكتريا .

كما يستخدم بكثرة ، المادة المساعدة المسماه **Freund's adjuvant** ، فى إنتاج الأجسام المضادة لبكتريا السل ، وهى مستحلب مائى لزيت معدنى، مخلوط مع بكتريا السل المقتولة بالحرارة .

(*) أول من اكتشف الأنتجينات خليطة الألفة عام ١٩١١

الأنتجينات الموجودة طبيعيا المهمة طبيا
Naturally occurring antigens of medicinal interest

كثير من المواد لها خواص أنتجينية ، مثل البروتينات الغريبة عن الجسم ، كحبوب اللقاح وزلال البيض ، ولكن الأنتجينات الهامة من الناحية الطبيـــة ، هى تلك الموجودة طبيعيا ، بخلايا ، وأنسجة الإنسان ، وتلك الموجودة ، أو المنتجة ، بواسطة البكتريا ، والميكروبات الأخرى .

أنتجينات أنسجة جسم الإنسان Human tissue antigens

توجد الأنتجينات فى خلايا ، وأنسجة عديدة ، بجسم الإنسان ، فهى لاتوجد فقط فى كرات الدم الحمراء ، ولكن توجد أيضا ، فى خلايا أنسجة جسدية أخرى ، مثل الحيوانات المنوية ، والكبد ، والطحال ... الخ ، وفى سوائل جسدية مثل اللعاب ، والسائل المنوى ، وعصارات المعدة ... الخ .

أنتجينات كرات الدم الحمراء

درس بعناية ، الأنتجينات الموجودة فى كرات دم الإنسان الحمراء، وهى من صفاته الوراثية ، التى تخضع لقوانين مندل الوراثية ، ووجد أن هذه الأنتجينات ، تتضمن المجاميع التالية

ABO , M , N , Ss , P and Rh

وتعتبر مجموعة ABO ، أهم هذه المجاميع ، وهى خاصة بمجاميع (فصائل) الدم Blood groop ، أما باقى المجاميع الأنتجينية ، فقد تكون خاصة بنواحى أخرى مثل الحمل ، وإختبارات الأبوة Paternity tests ... الخ .

توجد أنتجينات A , B , AB , O ، فى كرات الدم الحمراء للأفراد ، ولكل فرد مجموعة الأنتجينية المميزة [جدول ٩(٤) - ١] ، وتتفاعل أنتجينات شخص ما ، مع الأجسام المضادة المماثلة Iso - antibodies الموجودة بشخص آخر . مسببة حالة تجمع . ويجب أن يراعى هذا ، عند عمليات نقل الدم .

مثالا على ذلك ، فإن أفراد مجموعة دم A ، لديهم أنتجين A بكرات الدم الحمراء ، ولديهم الجسم المضاد Anti - B بسيروم الدم ، بينما أفراد مجموعة دم B ، لديهم أنتجين B بكرات الدم الحمراء ، ولديهم بسيروم الدم أجسام مضادة anti - A ... وهكذا ، لذا ، لايصلح دم مجموعة A ، لنقله إلى دم مجموعة B .

ولذلك ، ففى عمليات نقل الدم ، يفضل أن ينقل الدم ، من نفس المجموعة ، فإن لم يتوفر ، فيكون من المجموعة "O" ، الذى يطلق عليه معطى عام Universal donor .

جدول ٩ (٤) - ١: الأنتجينات ، والأجسام المضادة المماثلة ، الخاصة بمجاميع الدم ABO

مجموعة الدم Blood group	النسبة المئوية فى دم البالغ	الأنتجين الموجود[1] بكرات الدم الحمراء Antigen	الأجسام المضادة المماثلة[2] الموجودة بسيروم الدم Iso antibody
A	٣٩	A	Anti - B
B	١٢	B	Anti - A
AB	٤	AB	لايوجد
O	٤٥	لايوجد	Anti - A + Anti - B

(١) تقسم أنتجينات مجاميع الدم ، إلى مجاميع تحت فرعية ، حسب خواصها الأنتجينية ، مثلا ، أنتجين مجموعة دم A ، تقسم إلى A_1 , A_2 , A_1A_2 . . . ، وهكذا فى باقى المجاميع .

(٢) الأجسام المضادة المماثلة ، هى أجسام مضادة ، توجد فى بعض الأشخاص (أى فى أفراد من نفس النوع ، Same species) ، تستطيع أن تتفاعل مع الأنتجين الموجود بأفراد آخرين ، من نفس النوع .

أنتجينات ريسوس Rh - antigens

أنتجينات Rh[1] ، حوالى ستة أنواع ، وهى نظام من نظم أنتجينات مجاميع الدم ، التى توجد بكرات الدم الحمراء ، وهى توجد فيما يزيد عن ٨٠٪ من الأفراد ، ويعرفون بأنهم Rh + .

ولهـــذا النظام الأنتجينى ، أهمية طبية في عمليات نقل الدم ، وفى الحمل . فإذا كان هذا الأنتجين موجود فى احد الأبوين ، وغير موجود فى الآخر ، فإن الجنين الناتج بالحمل ، قد يصاب بمرض تحلل خلايا كرات الدم الحمراء الجنينى Erythro blastosis fetalis[2] ، الذى يؤدى كثيرا إلى وفاة الجنين ، مالم يعالج .

أنتجينات التوافق النسيجى Histo compatibility antigens

توجد هذه الأنتجينات بالأنسجة ، وهى تعمل على رفض الأنسجة المزروعة بجسم العائل ، الغير متوافقة معه .

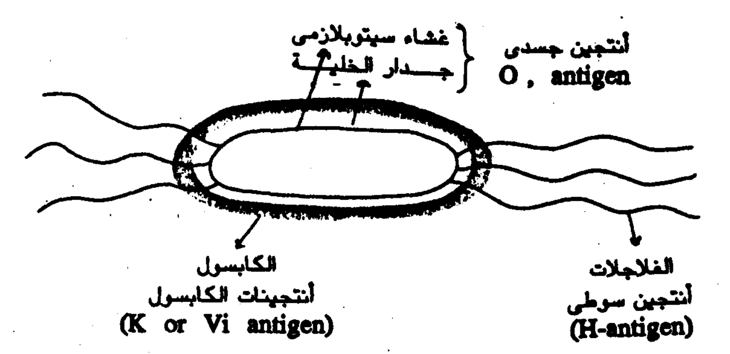
الأنتجينات البكتيرية والفيروسية

الخلية البكتيرية ، بحكم تركيبها ، ذات أنتجينات متعددة . وهذه الأنتجينات البكتيرية ، إما أن تفرز خارج خلية البكتريا ، كإنزيمات ، أو توكسينات خارجية ، أو توجد بداخلها ، مكونة لأحد مكوناتها ، الداخله فى تركيبها الخلوى [شكل ٩(٤) - ٢] .

---

(١) تعود التسميـــة Rh ، إلى قرود ريسوس Rhesus monkeys ، التى اكتشف بكرات دمها الحمراء هذا الأنتجين ، عام ١٩٤٠ .

(٢) مرض آرام الحمـــر الجنينى - ترجمة المجمع اللغوى ، أى مرض تفتت كرات الدم الحمراء بالجنين .



شكل ٩(٤) - ٢: الأنتجينات الداخلة بتركيب بكتريا سالبة لصبغة جرام ، مثل السالمونيلا .

ومن حيث الأنتجينات الداخله فى التركيب الخلوى ، نجد أن للجرثومة البكتيرية خواص أنتجينية ، تختلف عن تلك الخاصة بالخلية الخضرية التى نتجت منها ، ونجد أن السكريات المعقدة لكابسول بكتريا الإلتهاب الرئوى ، لها خـــواص أنتجينية (Capsular antigen , C - antigen) ، وكذلك يوجد أنتجينات K & Vi فى كابسول بكتريا السالمونيلا .

كما أن للفلاجات البكتيرية خواص أنتجينية ، وتسمى بالأنتجين السوطى Flagellar antigen , H - antigen ، كما فى بكتريا السالمونيلا ، وهى تتركب من مواد بروتينية تسمى فلاجيللين Flagellin .

ويوجد مايسمى بالأنتيجن الجسدى Somatic antigen , O - antigen، وموقعه فى أغلفة البكتريا الخارجية (الجدار ، والغشاء السيتوبلازمى) .

كما يوجد توكسين داخلى بالبكتريا المعوية السالبة لصبغة جرام ، له خواص أنتجينية ، ويتركب من السكريات ، والفوسفوليبيد ، والبروتين

Polysaccharide - phospholipid - protein complex

وتعود سمية هذه الأنتجينات الجسدية ، إلى جزئها المكون من السكريات المعقدة والليبيدات ، أما خواصها السيرولوجية ، فتعود إلى جزئها البروتينى .

تختلف خواص الأنتجينات ، الداخلة فى تركيب الخلية البكتيرية ، عن بعضها ، وجـدول [٩(٤) - ٢] ، يوضح بعض الإختلافات الموجودة بين أنتجينات H , O , Vi ، فى بكتريا السالمونيلا . وبمعرفة هذه الإختلافات، يمكن إختيار الطريقة المناسبة ، لتحضير معلقات الأنتجينات ، لإجراء إختبارات التجمع .

جـدول ٩(٤) - ٢: بعض خواص أنتجينات H , O , Vi فى بكتريا السالمونيلا

العامل المؤثر	أنتجين H (١)	أنتجين O (٢)	أنتجين Vi (٣)
الحـــرارة	حساس للحرارة يتلف عند ٨٠-١٠٠°م	يتحمل الحرارة لمدة ٣٠ ق علـى درجـة ١٠٠°م	حساس للحرارة
الفينـول والكحولات الفـورمـالدهيد إختبـار التجمـع تحضير معلق الأنتجين	يتلـف يثبط إختبـار التجمـع يحدث بسرعـة بالفينـول ، وبالمعاملة بالحرارة على ٥٠°م لمدة ساعة	لايتلـف لايثبط إختبـار التجمـع يحـدث ببطء بالفـورمـالين	يتلف بالفينول، ولايتأثر بالكحـول يثبط إختبـار التجمـع جزئيـا يحدث ببطء ، ويحتاج لطرق خاصة بالـزرع المتكـرر

(١) يعـود لفظ H ، إلى الكلمـة الألمانية Hauch ، التى تعنى نمو كالضباب ، تعبيرا عن طبيعة نمو البكتريا المتحركة بالفلاجلات ، وإنتشارها على سطح الآجار

(٢) يعـود لفظ O ، إلى التعبيـر الألمـانى Ohne hauch ، الـذى يعنى عدم وجود نمو كالضباب ، بسبب عدم إنتشار البكتريا على سطح الآجار ، لأنها غير متحركة ، أى عديمة الفلاجلات

(٣) Vi ، هى إختصـار Virulence
ويوجـد أنتجين Vi ، فى سـلالات السالمونيلا ، شديدة العدوى

وللفيروسات خـــواص أنتجينية ، وذلك بحكم تركيبها البروتينى والنووى ، وتتكون الأنتجينات الفيروسية أساسا ، من مواد بروتينية ، وإن كان فى بعض الحالات ، تتكون من ليبوبروتين ، أو جليكوبروتين .

تستخدم الأنتجينات الداخلة فى تركيب الخلية ، للتمييز السيرولوجى بين السلالات ، التابعـــه للنـــوع الواحـــد ، كإستخدام الأنتجينات السوطية H - antigens ، لتمييز السلالات السيرولوجية Serotypes , Serovar التابعة للنوع Salmonella typhi ، وكاستخدام أنتجينات كابسول بكتريا الإلتهاب الرئوى ، للتمييز بين الأنماط types ، التى تصل لأكثر من ٨٠ نمطا ، فى بكتريا الإلتهاب الرئوى .

اللقـــاحات (الفاكسينات) Vaccines

تحضر اللقاحات من الأنتجينات ، فاللقاحات هى معلقات مزرعية من ميكروبات مقتولة Killed ، أو من ميكروبات موهنة Attenuated ، أى ذات قدرة مخففة للعدوى ، أو من نواتج للميكروبات ، كالسموم .

وتستعمل اللقاحـــات كأنتجينات ، لإنتاج مناعة بالعائل ضد ميكروب معين ، مثالا على ذلك ، إستخدام لقاح بكتريا التيفود ، الذى يتكون من خلايا بكتريا Salmonella typhi المقتولة ، وإستخدام مضادات السموم ، وكذلك لقاحات التوكسويد ، وهى توكسينات بكتيرية ، عوملت بالحرارة أو بمواد كيماوية ، ففقدت قدرتها على إحداث التسمم ، دون أن تفقد خواصها الأنتجينية [جـــدول ٩(٤) - ٣] .

قد يحضر اللقاح من نوع واحد من الميكروبات ، وقد يحضر من أكثر من نوع من الميكروبات ، وهذا يسمى لقاح مختلط Mixed vaccine ، مثل لقاح بكتريا السعال الديكى ، مع توكسويد الدفتريا ، والتتانوس .

جـدول ٩(٤) - ٣: أنواع اللقاحـات

لقاح	لقاح حى موهن أى ذا قدرة مخففة للعدوى	لقاح مقتول
فيروس	جدرى حصبه حمى صفراء سعار (للحيوانات) شلل أطفال (سابين بالفم) نكاف	أنفلونزا سعار (للإنسان) شلل أطفال (سولك بالحقن)
بكتريا	BCG[٢] بروسيلا	تيفود[٣] تيفوس سعال ديكى كوليرا
[١]توكسويدات بكتريا	تتانوس دفتريا	

[١] التوكسويد ناتج من التوكسين المعامل بالفورمالدهيد

[٢] سلاله من بكتريا السل ، تسمى BCG , Bacillus of Calmette - Guerin ، مسببه للسل البقرى ، موهنة بالزرع طويلا بالمزارع الصناعية ، المحتوية على أملاح الصفراء ، وتستخدم لتحصين الإنسان ضد السل ، وتعود التسمية ، إلى إسمى مكتشفى طريقة التحصين بتلك السلالة

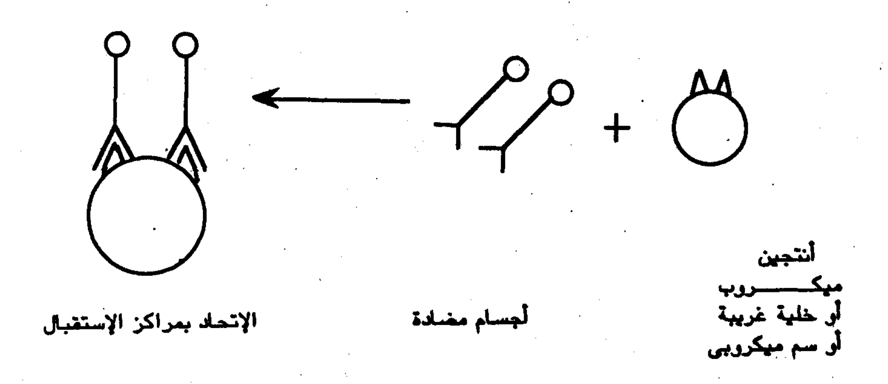
[٣] البكتريا مقتولة بالحرارة ، على درجة ٦٠°م لمدة ٣٠ ق

وقد يحضر اللقاح من عدة سلالات ، لنوع واحد من الميكروبات ، مثل لقـــاح البكتريا السبحيـــة ، ويسمى هــذا النــوع ، لقــاح متعــدد التكافؤ Polyvalent vaccine .

وعـــــادة ، مـــاتحضر اللقاحـــات بالمعمــل ، من مـــزارع مخزنـــة Stock cultures ، لإنتاج لقاحات مخزنة Stock vaccines .

الأجســـام المضــادة Antibodies.

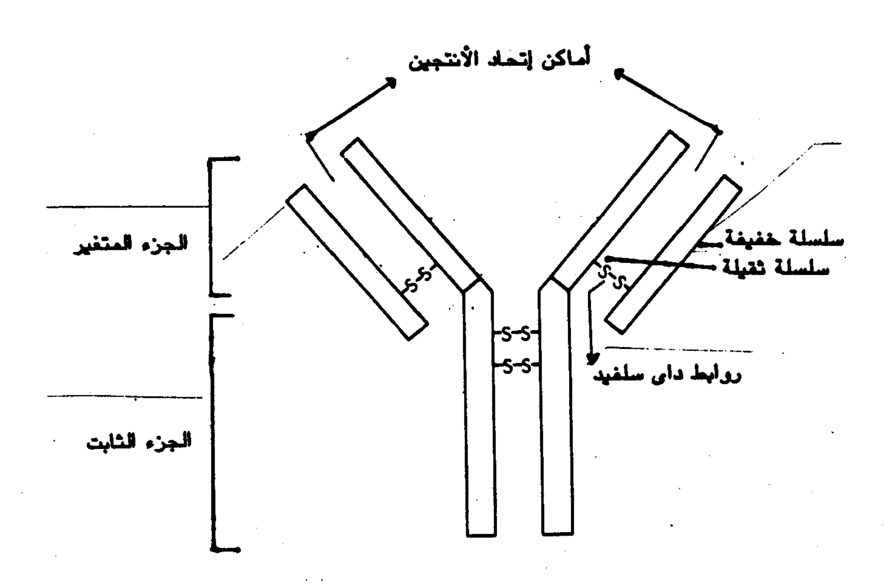
الأجسام المضادة ، مواد متخصصة يكونها الجسم ، إستجابة لحث أنتجينى ، وتتفاعل بتخصص مع الأنتجين ، عن طريق مجموعة من مراكز التفاعل [انظر الشكل التخطيطى [٩(٤) - ٣] . وتتكون الأجسام المضادة أساسا فى نخاع العظام ، والعقد الليمفاوية ، والطحال ، استجابة للحث الأنتجينى .



شكل ٩(٤)-٣ : شكل تخطيطى يوضح اتحاد الجسم المضاد مع الأنتجين بمراكز الإستقبال المتخصصة

تركيب الجسم المضـــاد

تنتمى كل الأجسام المضادة ، إلى نوع من بروتينات سيروم الدم ، يسمى جلوبيولين (انظر موضوع الدم ، ص ص ٣٢٨ - ٣٣٣) ، ولذلك تسمى الأجسام المضادة ، بإسم الجلوبيولينات المناعية Immunoglobulins , Ig . ويتركب جـــزىء بروتين الجلوبيولين المناعى ، من زوجين من السلاسل الببتيديـــة ، مرتبطة مع بعضها بالتوازى ، بروابط داى سلفيد - S - S - . ويوجد بكل زوج ، سلسلة ذات وزن جزيئى صغير ، حوالى ٢٥ ألف دالتون ، وتسمى سلسلة خفيفـــة Light chain, L ، وسلسلة أخرى ذات وزن جزيئى كبيـــر ، حوالى ٥٥ ألف دالتون ، وتسمى سلسلة ثقيلة Heavy chain , H [شكل ٩(٤) - ٤] .



شكل ٩ (٤) - ٤ : جـــزىء الجلوبيولين المناعى ، وهـــو عبـــارة عن زوجين من السلاسل الببتيدية

لاحظ أن : - بكل زوج سلسلة خفيفة وسلسلة ثقيلة ، مرتبطه مع بعضها بروابط داى سلفيد

- طرف السلاسل متغير التركيب ، وباقى السلاسل ثابت بالنسبة للنوع

السلسلة الثقيلة ، هى التى تحدد نوع الجلوبيولين المناعى ، ويعود ذلك ، إلى نظام تركيب السلسلة من الأحماض الأمينية (العدد ، النوع ، وطريقة التتابع) ، الذى يختلف من نوع مناعى لآخر .

الجـــزء الطرفى ، فى كل من السلسلتين ، الخفيفة والثقيلة ، متغير التركيب ، وإليه يعود التخصص ، فهو مكان اتحاد الأنتجين بالجسم المضاد Antigen combining site .

أما الجزء الباقى من السلسلتين ، فتركيبه ثابت فى النوع المناعى الواحد ، وهو الذى يحدد الدور البيولوجى لنوع المضاد ، وفى ذلك ، يتشابه الجسم المضاد ، مع الإنزيم الكامل ، الذى يتركب من قرين الإنزيم Co - enzyme، الذى يرتبط بالمجموعة المميزة للتفاعل ، وصميم الإنزيم Apoenyzme ، الذى يرتبط بمادة التفاعل Substrate .

أماكن الإتحاد بالجسم المضاد Combining sites

تسمى أماكن تفاعل الجسم المضاد ، التى تتحد بالأنتجين ، أماكن تكافؤ الجسم المضاد Valency of antibody ، وعددها واحد monovalent ، أو اثنين divalent وهو الغالب ، وهذا بعكس الأنتجين ، المتعدد التكافؤ multivalent .

ويبدأ التفاعل ، بين الأنتجين والجسم المضاد ، بإدمصاص أحدهما على سطح الاخر ، ثم ترتبط مراكز التفاعل بينهما ، بروابط أيونيه ، أو إيدروجينية ، أو قطبية ، أو فان درفالس ، وهذه أضعفها .

ويتم الإتحاد بين الأنتجين والجسم المضاد بسرعة ، عادة فى دقائق، ولكن عمليات التجمع ، والترسيب الكاملة ، تحتاج لفترة أطول ، حتى تتم .

أنواع الأجسام المضادة Classes of antibodies

يوجـــد خمســـة أنــواع من الجلوبيولين المناعـــى (Ig) ، هى

Ig G, Ig M, Ig A, Ig D and Ig E

وتوجد الخمسة أنواع ، فى جميع الأفراد العاديين ، ولكن بكميات مختلفة ، وهى تختلف عن بعضها ، كما ذكر سابقا ، فى تركيبها ، وفى عملها ، حسب نظام تركيب السلاسل الببتيدية ، من الأحماض الأمينية ، بكل نوع .

وجدول ٩(٤) - ٤ ، يوضح أنواع الجلوبيولينات المناعية ، وأهم خواصها .

الحساسيـــة Allergy , hypersensitivity

الحساسية ، نوع من أنواع تفاعلات الأنتجين والجسم المضاد ، التى تتميز بحدوث إستجابات فسيولوجية زائدة ، تظهر على الشخص الحساس ، بسبب مادة غريبة مولدة للحساسية ، تسمى أليرجن Allergen ، وهذه المادة قد تكون بروتينية ، أو غير بروتينية .

ومظاهر الحساسية متعددة ، تتوقف على نوع وكمية الأليرجين ، ومنفذ دخوله الجسم (استنشاق ، بلع ، حقن ، ملامسة للجلد ...) ، وطبيعة الجسم المناعى المتفاعل مع الأليرجين ، ونوع النسيج المصاب ، ومكان حدوث الحساسية . ولذا ، فقد تظهر الحساسية على الجلد ، أو بالجهاز التنفسى ، أو الهضمى .

وتفاعلات الحساسية عدة أنواع ، أهمها الحساسية المبكرة ، والحساسية المتأخرة .

جدول ٩(٤)-٤ : أنواع الجلوبيولينات المناعية وأهم خواصها

نوع الجلوبيولين المناعي Ig —	الوزن الجزيئي	نسبته في سيروم الدم بالنسبة للجلوبيولينات المناعية	وظيفته
Ig G	١٥٠ ألف	- أكثر الأنواع وجودا بالدم - يكون حوالي ٧٠٪ من الجلوبيولينات المناعية	- يساعد على عملية الإلتقام - خط الدفاع الأساسي للجنين في أسابيعه الأولى ، لأنه ينتقل من الأم إلى الجنين خلال المشيمة ، وينتقل من الأم إلى المولود مع اللبن
Ig M	٩٠٠ ألف	- أكبر الأنواع حجما - يكون حوالي ٦٪ من الجلوبيولينات المناعية	- يسبب تجمع الميكروبات وإذابة الخلايا - فعال ضد الفيروسات والبكتريا - خط الدفاع الأول ضد البكتريميا (بكتريا الدم)
Ig A	١٦٠ ألف بالسيروم ٣٧٠ ألف بالإفرازات	- يوجد بالسيروم - ويوجد أيضا في إفرازات الجسم كالدموع واللعاب والبول ، ولبن السرسوب - يكون حوالي ١٠٪ من الجلوبيولينات المناعية	- يحمي الجنين ، والمولود الجديد - يحمي أجزاء الجسم الخارجية من العدوى

تابع جدول ٩(٤)-٤ :

نوع الجلوبيولين المناعى Ig —	الوزن الجزيئى	نسبته فى سيروم الدم بالنسبة للجلوبيولينات المناعية	وظيفته
Ig D	١٨٠ ألف	- يكون حوالى ١٪ من الجلوبيولينات المناعية	- يقوم بتنظيم تكوين الجلوبيولينات المناعية الأخرى
Ig E	١٨٥ ألف	- يكون حوالى ٠,٠٠٢٪ من الجلوبيولينات المناعية	- يسبب الحساسية عند اتحاده بالأنتجين

الحساسية المبكرة Early hypersensitivity

تظهر الحساسية المبكرة بسرعة ، على الشخص المتأثر ، بعد عدة دقائق ، وقد تصل لعدة ساعات ، وذلك بعد إتحاد البروتين المناعى Ig E مع الأليرجين ، مثل حبوب اللقاح ، بعض الأدوية ، بعض الأغذية ، بعض مستحضرات التجميل ، تراب المنازل ، الفطريات ... الخ .

ونتيجة لإتحاد البروتين المناعى Ig E مع الأليرجين ، تنشط كرات الدم البيضاء ، المحبة للصبغـات القاعدية ، وتتجمع فى الأنسجة المتأثرة ، وتحدث تفاعلات حساسية ، وتفرز موادا مثل الهيستامين Histamine ، والسيروتونين Serotonin وما شابه ، تسبب ظهور أعراض الحساسية .

```
HC ═══ C ─── CH2 ─── CH2 ─── NH2
|      |
HN     N
  \   //
   CH
```

Histamine الهيستامين

```
            CH
          //  \
HO ─── C        C ─── C ─── CH2 ─── CH2 ─── NH2
       |        ||    ||
       HC       C     CH
        \\    /  \   /
          CH      NH
```

Serotonin السيروتونين

قد تظهر أعراض الحساسية المبكرة ، بشكل مخفف على الشخص ، كما يحدث للأفراد الحساسين ، لبعض المواد الغريبة عن الجسم ، مثل حبوب اللقاح ، والتراب ، وبعض الروائح .

وتظهر الحساسية المبكرة الخفيفة ، فى صورة عطس ، وسعال ، ورشح من الأنف ، ودموع من العين ، وإلتهابات جلدية محلية ، وغالبا ماتزول تلك الأعراض سريعا ، بعد زوال السبب .

وقد تظهر أعراض الحساسيه المبكرة ، بأعراض خطيرة ، كما فى حالة الحساسية من بعض العقاقير ، مثل البنسلين ، وتسمى صدمة فرط حساسية Anaphylaxis shock ، وهذه ، تختلف عن الحساسية Allergy ، فى شدتها ، وليس فى نوعها .

تظهر أعراض فرط الحساسية ، على الشخص المتأثر بسرعة ، قد تكون فى خلال دقائق ، مسببة حالة حساسية عامة بالجسم ، من مظاهرها حدوث تهيج وطفح بالجلد ، وإحمرار وأرتكاريا وهرش ، وإنتفاخات (بسبب رشح الدم وسوائل الجسم بالأنسجة) ، وقد تحدث صعوبات بالتنفس ، وأنقباض فى القصبات الهوائية ، وانخفاض فى ضغط الدم .
وإذا كانت جرعة الأليرجين كبيرة ، فقد تؤدى حالة فرط الحساسية إلى الموت ، إذا لم تعالج سريعا .

ونظرا لأن أعراض الحساسية المبكرة ، المخففة أو الشديدة ، تسببها موادا مثل الهيستامين ، فإنه يستعمل لعلاجها عقاقير مضادات الهيستامين Anti histaminic drugs ، مثل الأنتستين Antistine ، والإفدرين Ephedrine .

الحساســـة المتأخـــرة Delayed hypersensitivity

تظهر الحساسية المتأخرة ، على الشخص المتأثر ، بعد يوم إلى عدة أيام ، من إتحاد خلايا ليمف T (وليس البروتين المناعى Ig E كما فى الحساسية المبكرة) ، مع الأليرجين . وهذا الأليرجين ، غالبا مايكون مركبات خلوية ، من الليبيدات أو الليبوبروتين . ونتيجة لذلك الإتحاد ، يحدث تحللا للخلايا الحساسة ، وإفرازا لمادة الليمفوكين الذائبه Lymphokine .

وتظهر الحساسية المتأخرة ، فى صورة إنتفاخات جامدة بالجلد ، وقد يحدث موتا لبعض الخلايا (نخر Necrosis) .
ومن أنـــواع الحساسيـــة المتأخرة ، مايعرف بحساسية الملامسة Contact ، التى تظهر كحساسية على الجلد ، بعد فترة من ملامسة الجلد ، لبعض الكيماويات أو المعادن ، وامتصاصها ، واتحادها ، مع خلايا ليمف T.

خلايا ليمف T ، التى تسبب تلك الحساسية المتأخرة ، لها سطوح إستقبال ، تعمل كأجسام مضادة ، وعندما تتحد بالأليرجين المتخصص ، وفى وجود الصفائح الدموية ، فإن خلايا T تنشط ، وتفرز موادا سامة للخلايا ، تسبب موتها Cytotoxic . وهذا النوع من الحساسية ، لايتأثر بمضادات الهيستامين .

عموما ، يمكن التعرف على مسببات الحساسية ، بإجراء إختبارات جلدية على المريض، لتحديد حساسيتة أو مناعته ، لبعض المسببات ، ويمكن الرجوع إلى تفاصيل ذلك ، فى مراجع العملى المتخصصة .

الأسماء الوظيفية للأجسام المضادة
Functional names of antibodies

في وجود اليكتروليتات ، مثل كلوريدات Na^{+} ، أو Mg^{2+} ، أو Ca^{2+} ، تتفاعل الأجسام المضادة بتخصص ، مع الميكروبات ، ومع نواتج الميكروبات مثل التوكسينات ، ولذلك فإن الأجسام المضادة ، تستخدم فى علاج العدوى، الناتجة من تلك العوامل المرضية ، وتستعمل أيضا ، فى وقاية الجسم من تلك العوامل ، وفى التشخيص السيرولوجى .

وتعطى الأجسام المضادة مسميات ، تصف نوع التفاعل الذى تجربة مع الأنتجين ، سواء أتم هذا التفاعل فى الجسم الحى In vivo ، أو فى المعمل بأنابيب الإختبار In vitro ، ومن هذه المسميات

١- المجمعات (الملزنات) Agglutinins
وهى الأجسام المضادة ، التى تسبب تجمع agglutination الميكروبات المتخصصة معها .

٢- المرسبات Precipitins
وهى الأجسام المضادة ، التى تسبب ترسيب Precipitation مستخلصات الخلايا البكتيرية ، أو الأنتجينات الذائبة ، المتخصصه معها .

٣- المحللات Lysins
وهى الأجسام المضادة ، التى تسبب تحلل الخلايا البكتيرية Cell lysis، الحساسة لها .

٤- المكملات Complements
وهى الأجسام المضادة ، التى تشارك فى تكملة تفاعلات الأنتجين بالأجسام المضادة (راجع صـ ٣٢٧) ، فتساعد على الإلتقام ، وعلى تحلل الأنتجين ، وغيرها من التفاعلات المناعية .
وقد ينتج من ربط المكمل بالأنتجين والجسم المضاد ، تثبيت المكمل Complement fixation ، وبذلك يصبح المكمل ، غير ميسر لتفاعلات تالية .

٥- الطاهيـــــــــــات Opsonins

وهى الأجســام المضادة ، التى تتحد مع الميكروبات، فتسهل عملية لقمها (بلعها) opsonization ، بواسطة الخلايا الملتقمة .

٦- مضادات السموم Antitoxins

وهى الأجسام المضادة ، التى تتحد مع السموم المتخصصة لها ، وتعادلها، Neutralizing of toxins ، فتفقد تأثيرها ، دون أن يتلف أيا منهما .

وتحضر مضادات السموم ، بحقن الحيوان بالسم ، بكميات متدرجه فى الزيـــادة ، وبعد أن تتكون كمية كافية من الأجسام المضادة ، بسيروم دم الحيوان ، يسحب جزء مناسب من الدم ، ويخثر ، ويترك فترة لينفصل السيروم من الجزء المتخثر ، ويحتوى السيروم المفصول من الخثرة ، على مضادات السموم .

٧- مضادات الفيروسات Antiviral antibodies

وهى الأجســام المضـــادة ، التى تتحد مع الفيروسات ، وتعادلها ، فتوقف تأثيرها ، وتسمى بالأجسام المضادة للفيروسات .

ويحدث تعادل السموم أو الفيروسات ، بالمضادات ، نتيجة لإتحاد المضادات ، بالأنتجين ، وربطها لمراكز التفاعل ، الموجودة على سطح الأنتجين . وبذلك توقف السم ، أو الفيروس ، عن القيام بعمله ، وعن إحداثه للتأثيرات الخاصة به .

إستخدام تفاعلات الأنتجين ، والأجسام المضادة ، فى التشخيص السيرولوجى

Diagnostic applications of antigen - antibody reactions , Serodiagnosis

لايمكن رؤية الأجسام المضادة بالعين المجردة ، ولكن يمكن التعرف عليها ، من التفاعـــلات التى تتم بينها ، وبين الأنتجين الذى أنتجها .

وتجرى هذه الإختبارات بالمعمل ، وتسمى إختبارات سيرولوجية Serological reactions ، ومن نتائجها ، التى يسهل مشاهدتها وتتبعها ، التمكن من الحكم ، بوجود أو عدم وجود ، أجسام مضادة بسيروم الدم .

من هذه الإختبارات : التجمع ، الترسيب ، تحلل الخلايا ، تفاعلات المكملات، تسهيل الإلتقام ، معادلة السموم الميكروبية ، ومعادلة الفيروسات.

وكما ذكر سابقا ، فإن الأجسام المضادة ، تسمى حسب نوع التفاعل الذى تجربه مع الأنتجين ، فتسمى : مجمعات ، مرسبات ، محللات ، مكملات، طاهيات ، مضادات للسموم ، والفيروسات .

ونظرا لأن التفاعل بين الأنتجين والجسم المضاد ، تفاعل متخصص، فإن وجود أى من المكونين بسيروم الدم ، دليل على وجود المكون الآخر .

عيـــار (تتر) السيروم المضاد Antiserum titer

عقب دخـــول الأنتجيـن الجســم لأول مـــرة ، تمضـى فتـرة حث Induction period ، حوالى ٥ - ٧ أيام ، يبدأ بعدها ظهور الأجسام المضادة بالدم ، وتصل كمية الأجسام المضادة بالدم إلى أقصاها ، خلال أسبوعين ، ثم تقل الكمية تدريجيا ، لتصل لأدناها بعد ١ - ٢ شهر .

ويؤثر على معدل تكوين الأجسام المضادة بالجسم ، طبيعة الأنتجين، والجرعة المأخوذة منه ، وطريقة اخذ اللقاح ، وفى هذا الخصوص ، فإن أخذ اللقاح بالحقن ، يكون أكثر تأثيرا ، على زيادة إنتاج الأجسام المضادة ، من أخذ اللقاح عن طريق الفم .

ويمكن بتجربة معملية ، معرفة تركيز الأجسام المضادة بالأنتسيروم، وهو مايعرف بالعيار أو التتر Antiserum titer ، وهذا يعبر عن كمية الأجسام المضادة ، الموجودة فى حجم معلوم ، من السيروم المضاد .

ويتم ذلك بعمل تخفيفات متتالية ، من السيروم المضاد بأنابيب إختبار، بمحلول الملح الفسيولوجى (١ : ١٠ ، ١ : ٢٥ ، ١ : ٥٠ ، ١ : ٧٥ ....)

ويضاف لكل تخفيف ، كمية معلومة من الأنتجين ، وبعد التحضين لمدة ليلة، على درجة ٣٧°م ، يختبر للتجمع بالفحص البصرى ، ويقدر العيار .

وعيار السيروم المضاد ، هو مقلوب أكبر تخفيف من السيروم المضاد، أحدث تجمعا لكمية معلومة من الأنتجين . فعلى سبيل المثال ، إذا كان تخفيف ١ : ٧٥ ، وليس ١ : ١٠٠ ، من السيروم المضاد ، هو الذى أحدث تجمعا للأنتجين ، فإن عيار (تتر) السيروم المضاد ، هو ٧٥ .
وكلما زاد رقم التتر ، كلما دل ذلك ، على زيادة تركيز الأجسام المضادة ، بالسيروم المضاد .

الإختبارت السيرولوجية Serological tests

يسمى العلم الذى يتعلق بدراسة الأجسام المضادة ، الموجودة بسيروم الدم ، وتفاعلاتها مع الأنتجين بالمعمل ، بعلم السيرولوجى Serology ، وتستخدم حاليا الإختبارات السيرولوجية ، بكثرة ، لأغراض متعددة ، منها التعريف السيرولوجى للميكروبات ، ودراسة تكويناتها الأنتجينية والتعرف عليها ، وقياس الإستجابات المناعية ، والتشخيص السيرولوجى المعملى للأمراض المعدية ، وكذلك فى الدراسات الخاصة بعلم الدم Hematology .

وقد تطورت الإختبارات السيرولوجية ، بإستخدام طرق حديثة ، منها إستخدام الصبغات الفلوروسنتيه ، والنظائر المشعه ، والإنزيمات ... وغيرها من الطرق .

ويمكن الرجوع إلى التفصيلات الخاصة ، بالطرق العملية للإختبارات السيرولوجية ، فى أحد المراجع المتخصصة مثل

Rose N.R. and H. Friedman (eds.), (1980). Manual of clinical immunology. American Society for Microbiology, Washington, D.C.

References

مراجـــع هذا الفصل ، هى نفس مراجع الفصل السابق (التاسع - ثالثا).

الفصل التاسع
خامساً

بعض الأمراض الميكروبية التى تصيب الإنسان

- طرق دراسة دور الميكروبات المرضية
- الأمراض التى تنتقل عن طريق الهواء
- الأمراض التى تنتقل عن طريق الأغذية والمياه
- الأمراض المنقولة بالمخالطة أو بالإحتكاك المباشر
  - بالإتصال الجنسى [جدول ٩ (٥)-٥]
  - عن غير طريق الجنس [جدول ٩ (٥)-٦]
- عدوى الجروح
- الأمراض التى تنتقل عن طريق مفصليات الأرجل
  - ناتجة عن بكتريا [جدول ٩ (٥)-٨]
  - ناتجة عن ريكتسيا
  - ناتجة عن بروتوزوا
  - ناتجة عن فيروسات [جدول ٩ (٥)-١١]
- الأمراض التى تسببها الكلاميديا
- بعض الأمراض الأخرى الهامة المنقولة
  - الإلتهابات المعوية الناتجة عن *E. coli*
  - الجذام
  - الإلتهاب الكبدى الفيروسى
  - الإيدز
  - تسوس الأسنان
- الأمراض الفطرية
  - الأمراض الفطرية الجلدية
  - الأمراض الفطرية التى تصيب تحت الجلد
  - الأمراض الفطرية الجهازية (المتعمقة)
  - التسممات الفطرية
- مراجـــع للفصل التاسع - خامساً

الفصل التاسع - خامسا

بعض الأمراض الميكروبية التى تصيب الإنسان
Some human microbial diseases

طرق دراسة دور الميكروبات المرضية

يمكن ، بأكثر من طريقة ، دراسة دور الميكروبات فى عملية الإمراض

- فقد تتم الدراسة ، عن طريق العضو المريض Organ - system approach ، حيث يتم دراسة الميكروبات المرتبطة بأمراض كل عضو . وتفيد هذه الدراسة ، الطبيب المعالج .

- أو تتم الدراسة ، عن طريق التشخيص الميكروبيولوجى Diagnostic - microbiology approach

حيث يتم زراعة وتشخيص كل الميكروبات ، الموجودة بعينة الفحص . وتفيد هذه الدراسة ، إخصائى التحاليل الطبية

- أو تتم الدراسة ، عن طريق تصنيف الميكروبات Taxonomy approach

حيث يتم بدراسة تصنيفية ، التعرف على كل مايتعلق بنوع الكائن الممرض species ، التابع لجنس معين Genus .
وتفيد هذه الدراسة ، دارسى علم الميكروبيولوجى

- أو تتم الدراسة ، حسب العوامل التى تنقل المسببات المرضية Transmission of pathogens approach ،

مثل دراسة الأمراض ، التى تنتقل عن طريق الهواء ، وتلك التى تنتقل عن طريق الغذاء ... وهكذا بالنسبة لباقى العوامل . وفى هذه الدراسة ، يتم

تجميع الأنواع الميكروبية الممرضة المتشابهة ، بيئيا ، مع بعضهـــا .
وتفيد هذه الدراسة ، فى تفهم ظروف الوسط ، ومعرفة طبيعة المرض، وطرق الوقاية منه .

ويتوقف إستمرار بقاء الميكروب الممرض حيا ، على إنتقاله من فرد لآخر ، وهنا نجد أن لكل مجموعة ميكروبية ممرضة ، خواصها المميزة ، من حيث منافذ الخروج من الإنسان المريض Portal of exit ، وطرق الإنتقال Mode of transmission ، ومنافذ الدخول إلى العائل Portal of entry ، وذلك لإختلاف طبيعة الميكروب .

عموما ، تنتقل أغلب الميكروبات المرضية إلى المريض ، بطريق مباشر أو غير مباشر ، من خارج المريض ، أى من الوسط المحيط به ، مثل الهواء والماء ، والتربة ، والأغذية ، والمستشفيات ، ومفصليات الأرجل ، ومن الحيوان والأفراد الآخرين ، وهذه الحيوانات والأفراد ، قد تكون مريضة ، أى ظاهر عليها أعراض المرض ، أو حاملة للميكروب ، أى غير ظاهر عليها أعراض المرض .

وفي حالات أخرى قليلة ، تتحول بعض القاطنات الميكروبية الطبيعية للجلد ، والأنسجة المخاطية بجسم الإنسان ، إلى ميكروبات مرضية ، عندما تضعف مقاومة الإنسان ، وتتدهور أجهزته المناعية .
وبالإضافة إلى ذلك ، تلعب فرط الحساسية دورا فى كثير من الأمراض الفيروسية ، بحدوث تفاعلات حساسية بالجسم ، مصاحبة لتلف الخلايا الجسدية ، الناتج من التأثير المباشر لنمو الفيروسات بداخل تلك الخلايا .

وسنتعرض فى الصفحات التالية ، بإختصار ، لبعض الأمراض الهامة التى تسببها الميكروبات للإنسان .

الأمراض التى تنتقل عن طريق الهواء Airborne diseases

تنتقل الميكروبات الممرضة المسببه لهذه الأمراض ، عن طريق الهواء، ويدخل الميكروب بجسم العائل ، من خلال جهازه التنفسى : الأنف ، البلعوم، الحنجرة ، القصبات ، الشعب الهوائية ، والرئتين .

وغالبا ما تنتشر هذه الأمراض فى شكل عدوى ، تصيب عددا كبيرا من الناس، فى وقت قصير ، خاصة خلال أشهر الخريف والشتاء ، لتكدس الأفراد، من البـــرد ، فى الأماكن المغلقة . ففى كل مرة يكح فيها الفرد المصاب ، أو يعطس ، أو حتى يتكلم بصوت عالى ، يخرج من فمه سحبا من الرذاذ ، عبارة عن قطرات دقيقة من اللعاب Droplets of saliva ، تحمل معها الميكروبات المرضية .

وتقاوم هذه الأمراض ، بمراعاة

١- إتبـــاع الشـــروط الصحيـــة ، وتهـــوية الأماكن المغلقة كالمدارس ، ودور السينما ، وتطهير الأدوات المستعملة .

٢- تقليل الإحتكاك بالمرضى ، وحاملى الميكروب .

٣- عزل المرضى .

٤- زيادة مقاومة الأفراد بالتحصين ، والتغذية السليمة .

والجداول التالية [٩(٥) - ١، ٩(٥) - ٢] ، توضح بعض الأمراض الميكروبية الهامة ، التى تنتقل عن طريق الهواء .

جدول ٩(٥) - ١: بعض الأمراض البكتيرية التى تصيب الإنسان ، وتنتقل عن طريق الهواء

المرض Disease	المسبب Etiological agent	تولد المرض Pathogenesis	الوقاية والعلاج
Diphtheria[1] الدفتريا - الخناق	Corynebacterium diphtheriae ويعرف الميكروب أيضا بإسم Klebs-Loeffler bacillus نسبة إلى إسمى مكتشفى المسبب - الميكروب متعدد الأشكال ، فى تجمعات - يكون حبيبات ميتاكروماتين - موجب لصبغة جرام - غير متجرثم ، غير متحرك - إختيارى للهواء - مخمر للسكريات ، وينتج حامض بروبيونيك	- يستقر الميكروب بالزور ، وتظهر الأعراض بعد ٢-٥ يوم من الإصابة ، كالتهاب موضعى ، وحمى - ثم ينسد الزور بسبب تكون أنسجة ميته وإفرازات ، تتجمع وتمنع مرور هواء التنفس ويحدث إختناق خاصة بين الأطفال - يفرز الميكروب توكسين خارجى ، يسير مع الدم إلى كل أجزاء الجسم ، مسببا حالة تسمم	**الوقاية** - تحصين الأطفال باللقاح الثلاثى (٢) DTP vaccine (ضد الدفتريا، والتتانوس ، والسعال الديكى) ، ثلاث جرعات ، بعد عمر شهرين ، وبين الجرعة والأخرى من شهر إلى شهرين ثم إعطاء جرعة تنشيط للطفل عند دخوله المدرسة **العلاج** : إستخدام : - مضاد التوكسين - المضادات الحيوية مثل البنسلين والإستربتوميسين

(١) تمثل الدفتريا وأمراض البكتريا السبحية ، الأمراض المنقولة بالهواء ، والتى تصيب الجهاز التنفسى العلوى ، ولو أنها أحيانا ، قد تصيب أجزاء أخرى بالجسم

(٢) لقاح DTP، لقاح ثلاثى خليط من توكسويد الدفتريا D ، وتوكسويد التتانوس T، ولقاح السعال الديكى P , Pertussis vaccine

تابع جدول ٩(٥) - ١:

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
Streptococcal infections العدوى بالبكتريا السبحية	Streptococcus pyogenes, B - hemolytic - كروى فى سلاسل (سبحى) - موجب لجرام - غير متجرثم ، غير متحرك ، لايكون كابسول - محب لكمية قليلة من الأكسجين - مخمر للسكريات ، ذاتى التخمر ، مع إنتاج حامض لاكتيك - لايتحلل الميكروب فى وجود أملاح الصفراء - الأنواع الممرضة ، تفرز hemolysin ، وهى محللة لكرات الدم الحمراء تحللا كاملا ، وتكون هالة رائقة حول المستعمرات النامية على بيئة آجار الدم ، بمعنى أن الميكروب الممرض من النوع بيتا	- يسبب إلتهاب الزور Pharyngitis - ويسبب إلتهاب اللوز Tonsilitis - يلى ذلك حدوث إلتهابات رومانزمية ، وتلف لكثير من الأنسجة الضامة بالمفاصل ، وأنسجة القلب - وبالإضافة إلى ذلك ، فإن الأنواع المفرزه للسموم Erythrogenic toxins تسبب طفح أحمر على الجلد ، وحمى قرمزية Scarlet ferer - الأنواع القيحية Pyogenic تسبب التهابات بالجلد ، وعدوى ثانوية بالجروح	**الوقاية** لايوجد حتى الآن طرقا فعاله للتحصين **العلاج** إستخدام المضادات كالبنسلين والأستربتوميسين

تابع جدول ٩(٥) - ١:

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
Tuberculosis[1] السل - الدرن	Mycobacterium tuberculosis - عصوى منحنى ، غالبا مفرد ، وأحيانا فى تجمعات - موجب لجرام ، صامد للأحماض - غير متجرثم ، غير متحرك ، لايكون كابسول - هوائى حتمى	- مرض مزمن ، يستمر لفترة طويلة - يصيب أنسجة متعددة بالجسم، ولكن الرئتين هما الأكثر تعرضا - يتكاثر الميكروب داخل وخارج خلايا العائل ، مكونا درنات Tubercles ، تضم الميكروب وتحميه - فى بعض الحالات ينتشر الميكروب بالجسم مع الدم - يسبب المرض كحه ، وآلام بالصدر ، وضعف عام بالجسم ، مع بصاق مخلوط بالدم احيانا - بالإضافة إلى إنتقال الميكروب عن طريق الرذاذ والبصاق ، فقد ينتقل مع لبن الحيوان المصاب	**الوقاية** - رفع مستوى المعيشة - مراعاة الشروط الصحية العامة - بسترة اللبن - التحصين بجرعة واحدة داخل الجلد ، باللقاح المحضر من سلالة بكتيرية موهنه ، معزولة من البقر ، وتسمى باسم مكتشفيها Bacillus of Calmette and Guerin (BCG) - فحص العائلة الموجود بها المصاب ، وعزل المريض **العلاج** - الراحة ، والتغذية الجيدة - مع علاج كيماوى مثل Streptomycin, P-amino salycilic acid , Iso nicotinic acid hydrazide

(١) يمثل السل الأمراض المنقولة بالهواء ، والتى تصيب الجهاز التنفسى السفلى

تابع جدول ٩(٥) - ١:

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
Pneumococcal Pneumonia الإلتهاب الرئوى	Streptococcus pneumoniae, α - hemolytic Formely called, Diplococcus pneumoniae Commonly called, Pneumococcus - يضم النوع أكثر من ٨٠ سلالة ، ويميز بينها سيرولوجيا بإختبار إنتفاخ الكابسول المسمى Quellung reaction، فى وجود الأنتسيروم المتخصص - كروى فى أزواج ، موجب لجرام - غير متجرثم ، غير متحرك ، له كابسول - إختيارى للهواء - مخمر للسكريات ، ذاتى التخمر ، مع إنتاج حامض لاكتيك - يتحلل الميكروب فى وجود أملاح الصفراء - يحلل كرات الدم الحمراء جزئيا ، فيكون هاله لونها أخضر حول المستعمرات النامية على بيئة آجار الدم ، أى أن الميكروب الممرض من النوع ألفا ، ويسمى Viridans	توجد هذه البكتريا طبيعيا بالزور ، وعندما تضعف مقاومة الجسم ، للإصابة مثلا بعدوى فيروسية ، يصل الميكروب للرئة ، ويسبب الإلتهاب الرئوى وتعود ٩٥٪ من حالات إلتهاب الفصوص الرئوية Lobar pneumoniae إلى بكتريا Strept. pneumoniae - يسبب المرض حمى ، وأزمة تنفسية، وآلام شديدة بالصدر يشارك فى إحداث المرض ، - Klebsiella pneumoniae - Haemophilus influenzae - والميكروب الثانى ، يحتاج فى نموه إلى وجود هيماتين ومغنيات خاصة - كلا من الميكروبين ، عصوى قصير، سالب لجرام ، غير متجرثم ، غير متحرك	**الوقاية** لايوجد حتى الآن طرقا فعاله للتحصين ، بسبب تعدد السلالات المسببة للمرض **العلاج** المضادات كالبنسلين

تابع جدول ٩(٥) - ١:

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
Meningitis الإلتهاب السحائى	Neisseria meningitidis Commonly called Meningococcus - كروى صغير فى أزواج، سالب لجرام - غير متجرثم ، غير متحرك - لايكون كابسول - هوائى	ينتقل الميكروب مع الدم من البلعوم الأنفى إلى الغشاء المغلف للمخ، والحبل الشوكى ، حيث يستقر ، ويسبب عدوى حادة ، تنتهى بالموت غالبا	**الوقاية** تجنب المرض وحاملى الميكروب التحصين باللقاح **العلاج** المضادات كالبنسلين
Whooping cough السعال الديكى - الشاهوق	Bordetella pertussis - عصوى قصير ، سالب لجرام - غير متجرثم ، غير متحرك - لايكون كابسول - هوائى	**بسبب السعال الديكى** - مرض شديد العدوى ، يصيب الأطفال عادة فى السنة الأولى من العمر - يتميز المرض بحدوث سعال متكرر فى شكل نوبات تنتهى بشهقة تشبه صوت الديك - قد تحدث مضاعفات مثل الإلتهاب الرئوى	**الوقاية** تحصين الأطفال باللقاح الثلاثى DTP (دفتريا ، تتانوس ، سعال ديكى) (أنظر الدفتريا) **العلاج** الإرثروميسين

جـدول ٩(٥) - ٢: بعض الأمراض الفيروسية التى تصيب الإنسان ، وتنتقل عن طريق الهواء

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
Common cold and Influenza البـرد العادى والأنفلونزا*	**مسبب البرد العادى :** مجموعـة من الفيروسات ، ولكن يعود السبب فى أكثـر من ٤٠٪ من الحالات إلى فيروس Rhinovirus ويتبع عائلة Picornaviridae الفيروس صغير الحجم، كروى الشكل، ذو سيمتريه عشرينيه الأوجه ، ليس له غلاف ، قطره حوالى ٣٠ n m ، حمضه النووى ss RNA(**) **مسبب الأنفلونزا :** فيـــروس Influenzavirus ويتبع عائله Orthomyxoviridae الفيـروس كروى الشكـل عـــادة ، إهليجى السيمتريه ، له غلاف ، وقطره من ٨٠ إلى ١٢٠ n m ، وحمضه النووى ss RNA ولفيروسات البرد العادى ، والأنفلونزا ســلالات سيرولوجية عديدة	- مـرض سريــع الإنتشار ، خاصة فى الشتاء عنـدما يــزداد التزاحم فى الأمـــاكن المغلقة - يسبب المـرض إلتهابات حادة للانف والـزور والقصبات والشعب الهوائية مع إفرازات وضعف عام وحمى وآلام فى المفاصل - تظهـر الأعراض بعد عدة ساعات من العـدوى ، ويستمر المرض لعدة أيام قد تصل لأسبوع ، بعدها يتم الشفاء - قـد تحدث مضاعفات نتيجة للإصابة بالأنفلونزا ، مثـل الإلتهاب الرئوى - يسبب المـرض خســائر إقتصادية كبيـرة ، بسبب تغيب المصـابين عن أعمالهم أو مدارسهم - يشـارك فى حـدوث المرض بكتريا Haemophilus influenzae (انظر الإلتهاب الرئوى)	**الوقاية** التحصين باللقـــاح غير كافى للوقاية ، لتعـدد الســلالات المسببـه للمرض ، والتـأثير المناعـى للقاح لايزيـد عـن ٦ شهور **العـلاج** - الراحـه ، تنـاول العصـائــر المحتويـة على فيتـــامين ج ، الأسبرين - تعالج مضاعفـات الأنفلونـــزا بالمضـــادات ، كالبنسلين

* تمثل الأنفلونزا ، والبرد العادى ، نموذجا للأمراض الفيروسية التى تصيب الجهاز التنفسى ، وتنتقل عن طريق الهواء

** ss: single strand ds: double strand

تابع جدول ٩(٥) - ٢ :

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية
Measles , Rubeola الحصبه	Morbillivirus (Rubeola virus) الذى يتبع عائلة Paramyxoviridae - الفيروس كروى الشكل ، - إهليجى السيمترية ، له غلاف ، - قطره من ١٥٠ إلى ٣٠٠ nm ، - حمضه النووى ss RNA	- مرض شديد العدوى ، حاد - ينتقل بالجهاز التنفسى ثم ينتشر مع الدم إلى كل أجزاء الجسم - يصيب الأطفال عادة - يسبب حمى شديدة ، وآلام فى العين فلا تتحمل الضوء ، وطفح أحمر على كل الجسم ، وبقع بيضاء على الأغشية المخاطية للفم ، والزور	التحصين باللقاح للأطفال من عمر ٩ شهور
German measles , Rubella الحصبه الألمانى	Rubivirus (Rubella virus) الذى يتبع عائلة Togaviridae - الفيروس كروى الشكل - ذو سيمترية عشرينيه الأوجه ، له غلاف ، - قطره من ٤٠ إلى ٨٠ nm ، - حمضه النووى ss RNA	- أقل إنتشارا من الحصبه العادية - يسبب عدوى معتدله - ينتقل بالجهاز التنفسى ، وينتشر مع الدم إلى كل أجزاء الجسم - يصيب أساسا الأطفال من عمر ٥ إلى ١٠ سنوات - يسبب حمى معتدله ، وطفح أحمر على الجسم - شديد الخطورة على الجنين إذا أصاب الأم الحامل ، حيث يسبب موت الجنين ، أو ولادته معوقا	- له لقاح واقى - لايعطى اللقاح للأم الحامل ، لأن اللقاح ضار بالجنين

تابع جدول ٩(٥) - ٢ :

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية
Mumps النكاف	Mumps virus الذى يتبع عائله Paramyxoviridae الفيروس كروى الشكل ، إهليجى السيمترية ، له غلاف، قطره من ١٥٠ إلى ٣٠٠ nm ، حمضه النووى ss RNA	- ينتشر غالبا بين الأطفال - مدة الحضانة حوالى ٣ أسابيع - يصيب الغدة النكفية ، مع حدوث إلتهاب وانتفاخ واضح خلف الأذن، وصعوبة فى البلع - قد يصيب أيضا غدد اللعاب ، الخصية ، المبيض ، البنكرياس - وأخطر مضاعفاته تحدث فى الذكور ، إذا أصيبت الخصية	التحصين باللقاح الحى الموهن للأطفال بعد عمر سنه
Poliomyelitis شلل الأطفال	Poliovirus الذى يتبع عائله Picornaviridae الفيروس كروى الشكل ، ذو سيمترية عشرينية الأوجه ، ليس له غلاف ، قطره من ١٨ إلى ٣٠ nm ، حمضه النووى ss RNA له ثلاث سلالات سيرولوجية	- ينتقل أساسا عن طريق الجهاز التنفسى ، وقد ينتقل أيضا عن طريق الفم من المواد الملوثة بالفضلات البرازية - تنتج الأعراض الحادة بسبب إصابة الفيروس للغشاء السحائى ، وأعصاب الحركة بالحبل الشوكى ، وساق المخ Brainstem - يسبب الشلل الدائم فى الساق وأحيانا فى الذراع وعضلات الصدر	مرض معوق وليس له علاج ناجح حتى الآن ، والوقاية بواسطة : - التحصين باللقاح الحى الموهن (لقاح سابين) يؤخذ اللقاح من عمر شهرين ، ٣ جرعات بالفم ، الجرعة نقطتين ، وبين الجرعة والأخرى شهر - لقاح سولك ، وهو فيروس مقتول بالفورمالين ، يؤخذ ٣ مرات حقنا بالعضل ، وقد قل إستعمال لقاح سولك ، لفاعلية وسهولة إستعمال لقاح سابين

تابع جدول ٩(٥) - ٢ :

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية
Smallpox , Variola الجدرى	فيروس Variola virus الذى يتبع عائلة Poxviridae الفيروس كبير الحجم ، بيضاوى الشكل، معقد السيمترية ، له غلاف، قطره من ٢٣٠ إلى ٣٠٠ nm ، وحمضه النووى ds DNA	- مرض شديد العدوى والخطوره - يدخل الفيروس عن طريق الجهاز التنفسى ويصل إلى الغدد الليمفاوية ، ويسير مع الدم إلى كل أجزاء الجسم - قد ينتقل بالإحتكاك المباشر - مدة الحضانة حوالى اسبوعين - يسبب تكوين بثرات عامة على الجسم خاصة بالوجه ، وتخلف البثرات مكانها ندبات الجدرى المميزه	- التحصين باللقاح من عمر سنه - توقف إنتشار المرض بالعالم منذ عام ١٩٧٩
Chickenpox , Varicella الجديرى ، الجدرى الكاذب	فيروس Varicella - zoster virus الذى يتبع عائلة Herpesviridae الفيروس كروى الشكل، ذو سيمترية عشرينية الأوجه ، له غلاف ، قطره ١١٠ nm ، حمضه النووى ds DNA	- واسع الإنتشار خاصة بين الأطفال خلال الشتاء والربيع - يدخل الفيروس عن طريق الجهاز التنفسى ، ويصل إلى الغدد الليمفاوية ، وينتشر مع الدم إلى كل أجزاء الجسم - مدة الحضانة حوالى أسبوعين - يسبب عدوى معتدلة ، مع تكوين بثرات (حويصلات) عامه على الجسم ، تزول بعد فترة	ليس له لقاح

الأمراض التى تنتقل عن طريق الأغذية والمياه
Foodborne and waterborne diseases

تنشـــأ هذه الأمراض ، بسبب ميكروبات تنتقل مع الغذاء ، أو مياه الشرب ، فتدخل الميكروبات إلى العائل ، عن طريق الفم مع الغذاء والمياه ، وتخرج منه ، عن طريق الأمعاء مع المخلفات . فالقناة الهضمية موطن طبيعى لعدد كبير من الميكروبات ، أكثرها مفيد أو غير ضار ، ولكن بعضها شديد الإمراض يسبب أمراضا مثل التيفود ، والكوليرا ، والدوسنتاريا .

وهذا يعنى ، أن المخلفات البرازية ، للمرضى ، وحاملى الميكروب ، تحمل معها الميكروبات المرضية ، وإذا ما لوثت هذه المخلفات ، الغذاء ، أو مياه الشرب ، مباشرة ، أو عن طريق التداول ، أو الحشرات كالذباب ، فإن الميكروبات الملوثة ، تنتقل إلى أفراد جدد . ويظهر المرض ، عندما تنتقل أعداد كبيرة من الميكروبات إلى الغذاء .

يحدث المرض من الميكروبات المنقولة مع الغذاء ، أو المياه ، بطريقتين

- العـــدوى Infection
وهنا يحدث المرض ، نتيجة العدوى بالميكروب الممرض ، كما يحدث عندما تنتقل البكتريا المسببة للتيفود مع الغذاء ، إلى العائل ، وتمرضه .

- التســـمم Poisoning , Intoxication
وهنا يحـــدث المرض ، نتيجة للسموم التى يفرزها الميكروب أثناء وجوده بالغـــذاء ، كما يحـــدث عند تناول غذاء به سم البكتريا العنقودية ، فتظهر أعراض التسمم الغذائى على العائل .

تتواجد الميكروبات ، المسببة للإضطرابات ، والحميات المعوية ، مع الغذاء ، لأسباب عديدة منها

- عدم إتباع الشروط الصحية فى إنتاج الغذاء ، وفى نقل ، ومعاملة المياه
- عدم نظافة القائمين بالعمل ، ووجود بينهم مرضى ، أو حاملين للميكروب
- عدم الإنضاج الجيد للغذاء ، أو عدم كفاءة المعاملة الحرارية لإعداد الغذاء
- تلوث الأوعية
- عدم كفاءة وسائل حفظ الغذاء

وتتواجد الميكروبات المرضية ، بمياه الشرب ، لأسباب عديدة منها

- عدم كفاءة عمليات التنقية والتطهير لمياه الشرب
- إختلاط مخلفات المجارى بمياه الشرب
- عدم التخلص الصحى من مخلفات المجارى

ومن ذلك نلاحظ ، أن تجنب الأسباب السابق ذكرها ، الخاصة بتواجد الميكروبات المرضية فى الأغذية ، ومياه الشرب ، يؤدى إلى تقليل الإصابة بالأمراض المنقولة عن هذه الطرق . ويمكن الرجوع إلى تفصيلات هذه المواضيع ، فى الفصول الخاصة بالأغذية ، والألبان ، ومياه الشرب ، ومياه المخلفات ، بهذا الكتاب .

وسنتعرض فى الصفحات التالية ، بإختصار ، لبعض الأمراض الهامة المنقولة عن طريق الأغذية ، والمياه ، وتصيب الانسان [جداول ٩(٥) - ٣، ٩(٥) - ٤] .

جدول ٩(٥) - ٣: بعض الأمراض التى تصيب الإنسان ، وتنتقل عن طريق الغذاء ، وسببها عدوى ميكروبية*

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
Typhoid fever حمى التيفود	Salmonella typhi (S. typhosa) - عصوى قصير، مفرد، سالب لجرام - غير متجرثم ، متحرك بفلاجيللات محيطية - إختيارى للهواء - خليط التخمر للسكريات - لايخمر سكر اللاكتوز - يفرق بين السلالات المختلفة ، سيرولوجيا	- يزداد إنتشار المرض فى الأماكن التى لاتراعى الشروط الصحية - يتكاثر الميكروب بداخل الخلايا أولا ، وبالقنوات المرارية والمصارين ، ثم ينتشر مع الدم لكل أجزاء الجسم - قد يكون بؤرا فى الرئة والحوصله المرارية والطحال ونخاع العظام - تظهر الأعراض بعد أسبوعين من الإصابة ، كعدوى شديدة - يسبب حمى شديدة وصداع ، وطفح بالجسم ، مع إسهال وقيىء - مالم يعالج المريض مبكرا ، فإن المرض يستمر لعدة أسابيع ، وقد يموت المريض	**الوقاية** - مراعاة الشروط الصحية ومقاومة الذباب - عزل مخلفات المجارى عن مياه الشرب - منع المرضى وحاملى الميكروب من التعامل مع الأغذية - التحصين باللقاح ، ويعطى اللقاح مناعة لعدة أشهر **العلاج** إستخدام الكلورامفنيكول

* للوقايه ، فإنه فى جميع الحالات ، تراعى الشروط الصحية فى تداول ، وإعداد ، وحفظ الغذاء ، ومراعاة عدم تلوث مياه الشرب بمياه المجارى

تابع جدول ٩(٥) -٣ :

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
Salmonellosis **أمراض السالمونيلات**	Salmonella spp.	- تمتاز الحميات المعوية بإنتشار المسبب بكل أجزاء الجسم ، وترتبط العدوى بتوكسين داخلى بالبكتريا المسببه	**الوقاية** - حماية الغذاء من التلوث من القوارض، والحيوانات الأخرى
- Gastroenteritis - الإلتهابات المعوية والتسممات الغذائية	S. typhimurium , S. enteritidis	- تظهر الأعراض بعد ٨ - ٤٠ ساعة من تناول الغذاء الملوث	- جودة الرقابة على اللحوم بالمجازر
- Enteric fever - حميات معوية	S. schottmuelleri	- تحدث عدوى معتلة عن حالة عدوى حمى التيفود	- لايوجد لقاح مناسب حتى الآن
- Salmonella septicemia - تلوث الدم بالسالمونيلا	S. cholerae suis	- تظهر حمى (٣٩°م) مع حدوث مغص وقيىء وإسهال - يستمر المرض لعدة أيام (٢-٥ يوم) ، ثم يشفى المريض غالبا	**العلاج** تعالج الحميات المعوية بالمضادات
	- توجد هذه البكتريا فى كثير من الدواجن ، والقطط ، والكلاب ، والقوارض ، وتعتبر هذه الحيوانات مصادر تلوث الأغذية		
	- راجع صفات البكتريا السابقة S. typhi		

تابع جدول ٩(٥) - ٣ :

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
الكوليرا Cholera	Vibrio cholerae - واوى الشكل، مفرد، سالب لجرام - غير متجرثم ، - متحرك بفلاجيللا طرفية - إختيارى للهواء - خليط التخمر للسكريات - يخمر ببطء سكر اللاكتوز - له عدة سلالات سيرولوجية	- مرض حاد ، ينتشر بالمناطق الريفية ومتوطن بالهند - يتكاثر الميكروب أساسا بالأمعاء الدقيقة - مدة الحضانة ١-٣ يوم - الأعراض : مغص ، قيىء ، إسهال (مثل ماء الأرز) - وفى الحالات الشديدة ، تحدث صدمة للمريض نتيجة فقد المياه والأملاح ، ويحدث هذا الفقد بسبب توكسين معوى خارجى ، يفرزه الميكروب ، يؤثر على الطبقة المخاطية المبطنة للأمعاء - مالم يعالج المريض سريعا ، تحدث الوفاة	**الوقاية** راجع الحمى التيفودية **العلاج** - تعويض فقد السوائل ، بإعطاء المحاليل الفسيولوجية - إستعمال التتراسيكلين
Vibrio parahaemolyticus food infection عدوى غذائية بالفيبريو	Vibrio parahaemolyticus - محب للملوحة، محلل لكرات الدم الحمراء - يوجد بكثرة فى الأغنية البحرية - راجع باقى صفات البكتريا السابقة V. cholerae	- تظهر الأعراض بعد ٢-٤٨ ساعة من تناول الغذاء الملوث - الأعراض : إضطرابات معوية ، مغص ، قيىء ، إسهال - يستمر المرض لعدة ايام (٢-٥ يوم) ، بعدها يشفى المريض	**الوقاية** - الإعداد الجيد للأغنية البحرية - حفظ الغذاء بالثلاجة

تابع جدول ٩(٥) - ٣:

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
Shigellosis Bacillary dysentery الدوسنتاريا الباسيلية (الزحار)	بكتريا Shigella * sp. S. dysenteriae , S. bodyii, S. flexneri , S. sonnei - عصوى قصير ، مفرد ، سالب لجرام - غير متجرثم ، غير متحرك - إختيارى للهواء - خليط التخمر للسكريات - يخمر سكر اللاكتوز مع إنتاج حامض بدون غاز	- مرض واسع الإنتشار ، خاصة بين الأطفال حتى عمر ٥ سنوات - مدة الحضانة من ١- ٧ يوم - يسبب إلتهابا حادا بالقناة الهضمية - ويهاجم الخلايا المبطنة لأنسجة الأمعاء الغليظة - وتتكون قروحا فى نهاية الأمعاء الدقيقة وفى القولون - يسبب آلاما بالبطن ، مع إسهال شديد مخاطى مدمم وبه صديد	- لايوجد لقاح فعال حتى الآن - لاتستعمل المضادات إلا فى الحالات الشديدة
Amebiasis , Amebic dysentery الدوسنتاريا الأميبية	أميبا Entamoeba histolytica - تتبع نوات الأقدام الكذابة Sarcodina - تتكاثر بالإنقسام الثنائى - كما أنها تكون حويصلات ، مقاومة للظروف السيئة ، تخرج مع البراز ، وتظل ساكنه ، حتى تعاود إصابة العائل - حاملى الميكروب ، هم المصدر الرئيسى للحويصلات	- تهاجم الأميبا الأنسجة المخاطية المبطنة للأمعاء وتحدث قروحا - تسبب إسهالا قد يكون شديدا ، مما يسبب خطورة على المريض - قد يكون البراز مدمما - قد يسبب الميكروب خراريج بالكبد وأعضاء أخرى مثل الرئه	**الوقاية:** بالنظافة **العلاج:** بالكيماويات مثل Chloroquine

(*) على إسم العالم اليابانى شيجا ، مكتشف المسبب المرضى عام ١٨٩٨ باليابان

تابع جدول ٩(٥) - ٣:

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
Giardiasis مرض الجيارديات إسهال بسبب بروتوزوا ذات اسواط	Giardia lamblia - تتبع نوات الأسواط Mastigophora (Flagellates) - طريقة الإنتقال مثل الأميبا حيث تكون حويصلات ، تخرج مع البراز ، فتلوث الغذاء والمياه وتنتقل للعائل	- تهاجم البروتوزوا الأنسجة المخاطية المبطنة للأمعاء وتسبب إسهال، وآلام بالبطن	**الوقاية** : بالنظافة **العلاج** : بالكيماويات
Balantidial dysentery (Balantidiasis) دوسنتاريا بالانتيدية	Balantidium coli - تتبع الهدبيات Ciliata - تتحرك بواسطة الأهداب - طريقة الإنتقال مثل الأميبا	- تصيب البروتوزوا الأمعاء ، وتسبب أعراضا مشابهه للدوسنتاريا الأميبية	**الوقاية** : بالنظافة **العلاج** : بالكيماويات

جدول ٩(٥) - ٤: بعض الأمراض التى تصيب الإنسان ، وتنتقل عن طريق الغذاء ، وسببها سم ميكروبى (تسمم غذائى)

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية
Staphylococcal food poisoning التسمم العنقودى	توكسين معوى خارجى تفرزه بكتريا Staphylococcus aureus (Toxinogenic strain) والميكروب : - كروى فى تجمعات عنقودية ، موجب لجرام - غير متجرثم ، غير متحرك - إختيارى للهواء - موجب لإختيار الكوآجيوليز، أى قادر على تخثير بلازما الدم - له خمسة سلالات سيرولوجية على الأقل - يتواجد الميكروب بشكل طبيعى على الجلد ، وبالأنف والزور ، ومن السهل أن يصل للغذاء ويلوثه	- تسمم غذائى شائع ، يصيب عددا كبيرا من الأفراد - السم الذى يفرزه الميكروب، يتحمل الحرارة - تظهر أعراض التسمم بعد عدة ساعات (٢-٦ ساعة) من تناول الغذاء الملوث - الأعراض: إضطرابات معوية، مغص ، قيىء ، إسهال - يستمر المرض لمدة ١-٢ يوم ، بعدها يشفى المريض	**الوقاية** - الطهو الجيد للغذاء - عدم ترك الغذاء فترة طويلة بالمطبخ ، بل يوضع فى الثلاجة - لايوجد لقاح أو مضاد فعال

تابع جدول ٩(٥) - ٤ :

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
Botulism التسمم البوتشوليني	توكسين خارجى تفرزه بكتريا Clostridium botulinum والميكروب : - عصوى طويل ، مفرد غالبا ، موجب لجرام - متجرثم بجرثومة بيضاوية ، تحت طرفية ، والإسبورانجيا منتفخة - الجراثيم شديدة المقاومة للحرارة - متحرك بفلاجيلات محيطية - لاهوائى - له سبعة سلالات سيرولوجية - يتواجد الميكروب بكثرة فى التربة والأوساط البحرية	- السم يتأثر بالحرارة، وهو من أقوى السموم المعروفة - تظهر أعراض التسمم بعد ١٢-٤٨ ساعة من تناول الغذاء الملوث - يؤثر على الجهاز العصبى ، ويسبب صعوبة فى الكلام والبلع ، والتنفس ، وإزدواج فى الرؤية - يسبب شللا لعضلات التنفس والعضلات الإرادية - إحتمالات الموت عاليه فى هذا التسمم	**الوقاية** - المعاملة الحرارية الكافية للأغنية المعلبه منزليا - غلى الغذاء قبل الأكل (١٠٠°م / ١٠ ق) - الوقاية بالتوكسويد Toxoid **العلاج** - معادلة السم ، قبل ظهور أعراض التسمم، بواسطة مضادات التوكسين antitoxin

تابع جدول ٩(٥) - ٤ :

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقاية والعلاج
Perfringens food poisoning التسمم البرفنجى	توكسين معوى خارجى تفرزه بكتريا Clostridium perfringens والميكروب : - عصوى طويل، مفرد، موجب لجرام - متجرثم بجرثومة بيضاوية، وسطية غير منتفخة - غير متحرك - لاهوائى - له ستة سلالات سيرولوجية - بعض أفراده يسبب الغرغرينا الغازية (انظر صـ ٤٠١) - الميكروب منتشر بالطبيعة وفى التربة ، والمخلفات البرازية	- يتكون التوكسين بالغذاء ، إذا ترك الغذاء بعد إعداده لفترة طويله ، تحت ظروف لاهوائية - تظهر أعراض التسمم بعد ٨ - ٢٤ ساعة من تناول الغذاء الملوث - الأعراض : إضطرابات معوية، مغص، قيىء، إسهال - يستمر المرض لأقل من يوم بعدها يشفى المريض	**الوقاية** - تجنب ترك الغذاء بالمطبخ لفترة طويلة ، بل يحفظ فى الثلاجة - لايوجد لقاح أو مضاد فعال
تسممات بكتيرية أخرى	من الأنواع البكتيرية الأخرى ، التى قد تسبب تسمما غذائيا ، سلالات خاصة من B. cereus , E. coli , Proteus spp.		

تـابع جدول ٩(٥) - ٤ :

المرض	المسبب	تولد المرض	الوقايــة
Aflatoxin التسمم بالأفلاتوكسين	توكسين خارجى يفرزه فطر Aspergillus sp. - الهيفات مقسمة ، الميسيليوم متفرع - تحمل الجراثيم الكونيدية على حوامل كونيدية - الفطر كثير الإنتشار فى الطبيعة	- يتكون السم بالحبوب والدرنات، والأغـذية مثل الفول السودانى، والحبوب، المخزنة فى جورطب، تحت ظروف سيئة لفترات طويلة - يتأثر بالسم كل من الإنسان، والحيوان عند تناول أغذية ملوثة - يسبب التسمم تلف أنسجة الكبد، وتكون أورام وتثبيط المناعه الخلوية	**الوقاية** العناية بتخزين الأغذية تحت ظروف مناسبة وفى جو جاف لمنع نمو الفطر
تسممات غذائية فيروسية	من الفيروسات المسببة Adinovirus , Echovirus , Retrovirus ... etc.	هذه الفيروسات الملوثة للمواد الغذائية ، تسبب تسممات غذائية للإنسان ، تظهر فى صورة إضطرابات معوية، ومغص، وقيىء، وإسهال	

الأمراض المنقولة بالمخالطة ، أو الإحتكاك المباشر
Diseases transmitted by direct contact

يوجد مجموعة قليلة من الميكروبات المرضية ، لها القدرة على دخول الجسم من الجلد ، أو الأغشية المخاطية ، وتعتمد فى انتشارها بين الاشخاص على المخالطة . وتتضمن هذه المجموعة من الميكروبات

١- مسببات الأمراض الجنسية *Venereal diseases التى تنتقل بواسطة الجنس Sexually transmitted diseases ، مثل السيلان والزهرى ، وهى أمراض واسعة الإنتشار .

٢- مسببات الأمراض التى تنتقل بالإحتكاك المباشر ، عن غير طريق الجنس، مثل الجمره ، والتولاريميا ، وأمراض البروسيللات .

فى الأمراض الجنسية ، لايستطيع المسبب المرضى ، أن يبقى حيا خارج جسم العائل لفترة طويلة ، ويحتاج فى إنتقاله من شخص مصاب لآخر سليم ، إلى الملامسه المباشرة للأنسجة المخاطية ، ولذلك ، فإن الإتصال الجنسى ، هو السبب الرئيسى لإنتشار هذه الأمراض ، وإن كان الزهرى ينتقل أيضا من الأم المريضه إلى الجنين ، عن طريق المشيمة ، كما ينتقل السيلان إلى الجنين ، من التلوث أثناء الولادة .

ولايوجد لقاح واقى ، حتى الآن ، من هذه الأمراض ، المنقولة بالمخالطة ، ولكن تأتى الوقاية ، من البعد عن الإتصالات الجنسية غير المشروعة ، غير السوية ، ويتم العلاج بالمضادات الحيوية كالبنسلين ، مع الأخذ فى الإعتبار ، أن العلاج المبكر من هذه الأمراض ، يجنب المصاب عواقب خطيرة [انظر جدول ٩(٥) - ٥] .

---

* نسبة إلى Venus ، إلهة الحب الرومانيه

أما عن الأمراض غير الجنسية Non - venereal diseases ، التى تنتقل بالإحتكاك المباشر ، فهى ثلاثة أمراض هامة ، هى الجمرة (الحمى التفحمية) ، والتولاريميا (حمى الأرانب) ، وأمراض البروسيللات ، مثل الحمى المتقطعه .

وكل هذه الأمراض ، أمراض حيوانية ، تنتقل إلى الإنسان ، من مخالطة حيوان مصاب ، ومن اللحوم ، والألبان الملوثة .

وتأتى الوقاية من هذه الأمراض ، بالحذر عند التعامل ، مع الحيوانات المستأنسة المريضه ، ومراعاة النظافة ، ومقاومة القوارض ، ومفصليات الأرجل ، والرقابة الصحية الجيدة على اللحوم المذبوحه ، والسلخانات ، والطبخ الجيد للحوم ، وغلى اللبن جيدا .

ويتم العلاج من هذه الأمراض ، بالمضادات الحيوية [انظر جدول ٩(٥) - ٦] .

جدول ٩(٥) – ٥ : بعض الأمراض التى تصيب الإنسان ، وتنتقل بالإتصال الجنسى

المرض	المسبب	تولد المرض
Gonorrhea السيلان	Neisseria gonorrhoeae Commonly called, Gonococcus – كروى صغير ، فى أزواج ، سالب لجرام – غير متجرثم ، غير متحرك – الأنواع الممرضة لها Pili – إختيارى للهواء وحساس جدا للجفاف – موجب لإختبار الأكسيديز – ينتقل بالإتصال الجنسى – وينتقل للأطفال أثناء الولادة ، بالتلوث من أم مصابه	– مرض سريع الإنتشار – بعد الاتصال الجنسى ، يخترق الميكروب الأغشية المخاطية للمجرى التناسلى، ويستقر بالأعضاء التناسلية – يظهر المرض ، بعد فترة حضانة من ٢–٨ يوم من العدوى – يسبب فى الرجال ، التهاب الإحليل (مجرى البول) ، ونزول صديد مع البول وإذا أهمل العلاج ، يصيب الميكروب الخصية ، والبروستاته ، ويسبب عقم الرجال – يسبب فى المرأة إلتهاب المهبل ، وآلاما عند التبول ، وإذا أهمل العلاج ، يصيب قناة فالوب وقد تنسد ويحدث العقم – يسبب للأطفال حديثى الولادة التهابات بملتحمة العين ، وقد يسبب العمى – **لوقاية** الأطفال فإنه عقب الولادة ، يقطر بعين الطفل بنترات فضه ١٪

تابع جدول ٩(٥) - ٥ :

المرض	المسبب	تولد المرض
Syphilis الزهـرى ، السفلس	Treponema pallidum - سبيــروكيتـا - حلزونى الشكل، ٠,٣ X ٥-١٥ um ، ٦-١٤ لفة، ذو أطراف مدببة، رهيف، ذو جدار مرن - مفـــرد ، ســالب لجـــرام - غيـر متجرثم ، متحـرك حركة لولبية سابحـة فى السوائل بـدون فلاجيللات - لاهــوائى - ينتقـل بالإتصــال الجنسـى وينتقل أثنـاء الحمل من الأم المصابه إلى الجنين	- أقل إنتشارا من السيلان ، ولكنه أشد خطورة - بعـد الإتصـال الجنسـى ، يختـرق الميكـروب الأنسجة المخاطية للجهاز التناسلى - بعد فترة حضانـة حـوالى شهرا (من ١٠-٩٠ يوما)، تتكون قرحا chancre إبتدائية موضعية مكان الإصابة ، ويعرف ذلك بالزهرى الإبتـدائى Primary syphilis ، (القـــرح أماكن مملـوءة بالميكروب) - بعـد عــدة أسـابيع من إختفاء قـرح الزهرى الإبتدائى ، يكون الميكروب قد إنتشر بالجسم ، وتحـدث عـدوى عـامة ، وتظهر قرح الزهرى الثانـــوى Secondary syphilis بالأعين ، والعظام ، والجهاز العصبى المركزى - تختفى قرح الزهرى الثانوى بعد عدة أسابيـع ، فإذا لم يعالج المريض ، يكمن الميكروب بالجسم لفترة قد تصل لعدة سنوات ، بعـدهـا تظهر قرح المرحلة الثالثـة Tertiary syphilis بالعين والجلـد ، وصمامات القلب ، والجهاز العصبى المركزى ، والعظم، وقد يصاب المريض بالعمى ، وإضطـرابات بالقلب ، وإختلال بالقوى العقلية ، وينتهى المرض بالموت - يسبب الميكروب بالأم الحامل المصابه ، تشـوه الجنين أو موتـــه

تـابع جدول ٩(٥) - ٥ :

المرض	المسبب	تولد المرض
Trichomoniasis عـدوى بالمهبل ، والإحليل	Trichomonas vaginalis - بـروتوزوا تتبـع نوات الاسـواط Mastigophora (Flagellates) - الميكـروب مثل ميكـروب السيـلان والزهرى ، لايستطيع أن يعيش طويلا خـارج جسم العائل - يتحرك بالأسواط ، لايكون حـويصلات - يتكـاثر بالإنقسـام الثنـائى - ينتقـل بالإتصـال الجنسـى	- تظهـر الأعراض بعد ٤-٢٠ يوما من العدوى - يسبب إلتهـاب الإحليـل ، والبروستاتـه بالرجل - ويسبب إلتهـاب المهبل بالمرأة - تتكون إفـرازات كريهه الرائحة **العـلاج** بالكيماويات المضادة مثل Metronidazole

جدول ٩(٥) - ٦: بعض الأمراض التى تصيب الإنسان ، وتنتقل بالمخالطة (عن غير طريق الجنس)

المرض	المسبب	تولد المرض
Anthrax الجمـــرة - الحمـــى التفحمية	Bacillus anthracis - عصـــوى طويل ، فى سلاسل ، موجب لجرام - متجرثم بجرثومة وسطية غير منتفخة - غير متحـــرك - له كابسول من حامض الجلوتاميـك - هـــوائى حتمـــى - ينتقـل للإنسان من مخالطة حيـوانات مريضــه ، ويدخـل الجسم عن طريق خدش أو جرح بالجلد	- يصيب الحيـــوانات المستـأنسة والبرية - ويصيب الإنســـان ، حيث يسبب ظهـــور بثرات خبيثة Malignant pustule مكان العـــدوى بالجلـد ، ذات مركز أسود ، وحدوث تلوث للدم بالبكتريا Septicemia، وقـد يصيب أجهـزة داخليـة بالجســم كالرئتين - ينتهى المرض بالموت غالبا إذا لم يعالج - **الوقاية :** بحقن المخالطين باللقاح - **العلاج :** بالمضادات الحيوية كالبنسلين
Brucellosis أمراض البروسيللات - Abortion - الإجهـاض المعدى - Malta fever - حمى مالطة - Mediterranean fever - حمى البحر الابيض - Undulant fever - الحمى المتقطعة	Brucella abortus , B. melitensis , B. suis - عصوى قصير ، مفـرد ، سالب لجرام - غير متجرثـــم ، غيـــر متحـــرك - هوائـــى - ينتقل للإنسان من مخالطـة حيـوانات مصابة، ومن اللحوم المصابه، والألبان الملوثة	- يصيب عددا كبيرا من الحيوانات ، ولكل ميكروب العائل الذى يفضله ، مثلا B. abortus , for catlle فى الابقار B. melitensis , for goat فى الماعز B. suis , for swine فى الخنازير - فى الحيوان ، يستقر الميكروب بالرحم، ويسبب مرض الإجهاض المعدى - فى الإنسان ، ينتشر الميكروب بالجسم، ويتكاثـر فى الخلايا الملتقمة ، ويسبب مـــرض الحمى المتقطعة - **العـــلاج :** بالمضادات كالتتراسيكلين

تابع جدول ٩(٥) - ٦ :

المرض	المسبب	تولد المرض
Tularemia[1] التولاريميا ، حمى الأرانب	Francisella[2] tularensis (Formerly Pasteurella tularensis) - عصوى قصير جدا ، مفرد ، سالب لجرام - غير متجرثم ، غير متحرك ، يمر من المرشحات البكتيرية - هوائى - ينمو غالبا بداخل خلايا العائل - ينتقل للإنسان من ملامسه جلد أو لحوم حيوانات مصابه ، ويدخل عن طريق خدش ، أو جرح بالجلد - وينتقل أيضا بواسطة مفصليات الأرجل ، من لدغ القراد ، والبعوض	- يصيب عددا كبيرا من القوارض - بعد إصابه الإنسان ، ينتشر الميكروب من خلال الدم ، بكل الجسم - تظهر الأعراض بعد عدة أيام (١ - ١٠ يوم) فى شكل حمى تستمر عدة أسابيع - قد يسبب قروحا بالرئتين ، والكبد ، والطحال ، والمخ - العلاج : بالمضادات كالتتراسيكلين

(١) نسبة إلى مقاطعة Tulare بكاليفورنيا ، التى اكتشف بها المرض

(٢) نسبة إلى اسم Francis ، مكتشف المسبب المرضى

عـــدوى الجـــروح Wound infections

عندما يدخل بالجرح ، مادة غريبة غير معقمة ، يدخل مع هذه المادة، الميكروبات الملوثة ، فإذا كانت ظروف الجرح مناسبه لها ، فإن نوعا أو أكثر من الميكروبات ، ينمو ويتكاثر ، ويسبب العدوى ، التى قد تنتشر من خلال الدم ، أو الأنسجة ، بكل الجسم .

وتحت الظروف العادية ، لايعتبر دخول الميكروب من الجرح ، طريقا طبيعيا لإنتقال الميكروبات ، مثالا على ذلك ، فإنه غالبا مايوجد بالجروح الملوثه ، البكتريا القاطنة بالتربة ، مثل الكلوستريديا ، وهى لاهوائية حتما ولاتنمو فى الأنسجة السطحية السليمة ، ولكن تعتبر الجروح العميقة وسطا مناسبا لها ، حيث تتوفر الأنسجة الميته ، وتقل نسبة الأكسجين .

وتفرز أنواعا كثيرة من بكتريا الكلوستريديا ، سموما خارجية شديدة التأثير ، تتلف موضعيا الأنسجة المصابة ، مثل Cl. perfringens ، التى تسبب الغرغرينا الغازية ، أو ينتشر التوكسين بالدم ، ويؤثر على الجهاز العصبى مثل توكسين بكتريا Cl. tetani ، المسبب لمرض التتانوس (الكزاز) .

وبالإضافة إلى الكلوستريديا ، التى تعتبر أخطر ملوثات الجروح ، يوجد بكتريا أخرى تدخل من الجروح ، وتلوثها ، مثل

Staphylococci , Streptococci , Pseudomonads , Enterobacter

وجـــدول ٩(٥) - ٧ ، يوضح بعض الأمراض الهامة ، التى تنشأ عن طريق الجروح .

جدول ٩(٥) - ٧ : بعض أمراض عدوى الجروح الشائعة

المرض	المسبب	تولد مرض
Tetanus , Lockjaw التتانوس ، الكزاز	توكسين خارجي عصبي ، تفرزه بكتريا Clostridium tetani والميكروب : - عصوى طويل ، مفرد ، موجب لجرام - متجرثم بجرثومة طرفية منتفخة - متحرك بفلاجيلات محيطية - لاهوائي حتمي - لايخمر الكربوهيدرات - الميكروب موطنه التربة ، وقد يوجد في براز الحيوانات - ويدخل الجسم عن طريق الجروح - وقد يصيب الأطفال حديثي الولادة عند تلوث جرح السرة ، من ضمادات ملوثة	- يحدث المرض ، عند توفر الظروف ، اللاهوائية المناسبة لنمو الميكروب ، وتكون التوكسين - بعد فترة حضانة من ١-٣ أسبوع ، ينتشر التوكسين بالدم ، ويصيب الجهاز العصبي فيحدث تقلص ، وشلل بالعضلات ، خاصة في الرقبة ، والفك - يموت المريض إذا لم يعالج - **الوقاية :** بالتوكسويد Toxoid ، وبتحصين الأطفال باللقاح الثلاثي (انظر ص ٣٧٢) - تطعيم الحوامل بجرعتين من توكسويد التتانوس - تطهير الجرح عند حدوثه ، بالماء والصابون ومطهر ، مع إعطاء المصاب لقاح توكسويد التتانوس - التعقيم الكافي لأدوات الجراحه والولاده **العلاج :** بمضادات التوكسين antitoxin ، وذلك قبل ظهور الأعراض على الجهاز العصبي

تـــابع جدول ٩(٥) - ٧ :

المرض	المسبب	تولد المرض
Gas gangarene الغرغرينا الغازية	Clostridium perfringens (welchii), - عصـــوى طـــويل ، مفرد ، موجب لجرام - متجرثـــم بجرثومـــة وسطية غير منتفخة - غيـــــر متحــــــرك - لاهــــوائى حتمـــــى - مخمـــــر للسكريـــــات - الميكروب موطنه التربة ، ويوجد بالبراز، ويدخـــل الجســـم عن طـــريق الجروح	- تحت الظـــروف اللاهوائية ، ينتج مجموعة من التوكسينات - يسبب تلف ومـــوت الأنسجة ، مع تجمع غاز الإيدروجين الناتج من تخمير الميكـــروب للسكريات - قـــد يسبب تسممـــــات غذائيـــة **العـــلاج :** بمضـــادات التوكسين ، والتدخـــل الجراحى إن لزم الأمر لإزالة الأنسجة التالفة

تـــابع جـــدول ٩(٥) - ٧ :

المرض	المسبب	تولد المرض
Leptospirosis Weil's disease مرض اللولبيات الدقيقة	Leptospira icterohaemorrhagiae (L. interrogans) سبيروكيتا - حلزونى الشكل ، ذو أطراف ملتوية خطافيـه ، رهيف ، ذو جـدار مرن - مفـرد ، سالب لجـرام - غيـر متجـرثم - متحـرك حركة لولبيه سابحه فى السوائـل بـدون فـلاجيللات - هـــوائى - يوجـد الميكـروب فى دم وفى بول الحيوانات المريضه ، ويلوث التربة وميـاه الشرب - يدخـل الجسـم عن طريق جـرح بالجلـد ، من ملامسة تربة أو مياه ملوثه ، وينتشر مع الدم	- يسبب عـدوى مزمنـه ، معتدله الحدة، بالقوارض ، والحيوانات المنزلية - بعد فتـرة حضانـة حـوالى ١٠ أيام ، يسبب بالإنسان حمى ، قد يعقبها مايشبه اليرقان (إصفرار لون الجلد) **الوقايـة** النظافـة ، تجنب تلوث الميـاه ، مقاومـة القـوارض **العـلاج :** المضـادات

الأمراض التى تنتقل عن طريق مفصليات الأرجل
Arthropod - borne infections

تنتمى مفصليات الأرجل ، لشعبه Phylum Arthropoda ، التى تجمع أكبر تجمع للأنواع بعالم الحيوان . وبعض مفصليات الأرجل ، هام من الناحية الطبية ، لأنها تمثل أهم المصادر لأمراض الانسان . فمنها مايسبب موتا موضعيا لأنسجة الجسم (النكرزه Necrosis) ، أو جروحا ورضوضا Trauma، أو حالات حساسية .

ومن المفصليات مايقوم بنقل المسببات المرضية للإنسان ، حيث تعمل كناقل ميكانيكى Mechanical vector ، أو كناقل بيولوجى Biological vector.

فتعمل المفصليات كناقل ميكانيكى للمسبب المرضى ، كما فى حالة نقل الذباب المنزلى Musca domestica لبكتريا التيفود ، والحميات المعوية ، وفيروسات شلل الأطفال ، والإلتهاب الكبدى .

أو تعمل المفصليات كناقل حيوى ، أى تقوم بدور العائل الوسطى بين المسببات المرضيـــة وبين الإنسان . فتصل الميكروبات المرضية إلى المفصليات ، بالبلع عادة ، وتمضى بها فترة حضانة ، أو تستكمل بها دورة حياتها ، وبعد أن يتم ذلك ، ينتقل الميكروب الممرض إلى الإنسان ، عند لدغ المفصليات للجلد ، مع قيىء البراغيث كما فى الطاعون ، أو مع براز القمل كما فى التيفوس ، أو مع لعاب البعوض كما فى الملاريا .

ويلاحظ أن المسببات المرضية التى تنتقل عن طريق المفصليات ، إكتسبت أثناء تطورها ، القدره على أن تحيا فى أكثر من عائل . على سبيل المثال ، فإن بكتريا الطاعون ، تستطيع أن تنمو وتتكاثر فى الفيران ، والبراغيث ، والإنسان ، وتحملها البراغيث من فأر إلى آخر ، أو من الفأر إلى الإنسان .

ومن هذه المسببات المرضية ، ما يتبع البكتريا الحقيقية (كبكتريا الطاعون ، والتولاريميا) ، أو الريكتسيا (المسببة للتيفوس) ، أو السبيروكيتا (الحمى المتقطعة) ، أو البروتوزوا (الملاريا ، مرض النوم ، الليشمانيا) ، أو الفيروسات ، كفيروس الحمى الصفراء .

ونظرا لأن هذه المسببات المرضية ، تنتقل إلى الإنسان ، عن طريق عوائل وسطية كالمفصليات ، مثل الذباب ، والناموس ، أو كالقوارض ، فإن مقاومة هذه الأمراض ، يعتمد أساسا على مكافحة تلك العوائل ، بقدر الإمكان .

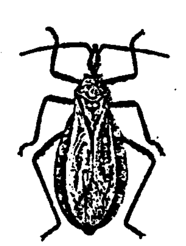
ويمكن السيطرة على الأمراض المنقولة بالحشرات ، برفع المستوى الصحى للأفراد ، وبالجهود الجماعية لخلق الظروف غير المواتية لتكاثر تلك الحشرات .

الأمراض المنقولة بواسطة المفصليات ، واسعة الإنتشار فى العالم ، وقد تصل فى بعض الحالات ، لدرجة الوباء العام Pandemic . وتسبب هذه الأمراض ، المعاناة الشديدة للمرضى ، التى قد تصل إلى الموت ، مع إحداث خسائر إقتصادية كبيرة للدولة .

والشكل ٩(٥) - ١ ، يوضح بعض أنواع المفصليات ، الناقلة للأمراض .

والجداول من ٩(٥) - ٨ ، إلى ٩(٥) - ١١ ، توضح بعض الأمراض الهامة ، المنقولة بواسطة المفصليات .



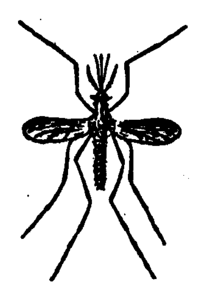


اسم الحشرة	قمل Lice	براغيث Fleas	بق مخروطى الأنف Conenose bugs
من الأمراض المنقولة	تيفوس حمى خنادق حمى رلجعه	تيفوس طاعون	مرض شاجاس Chagas disease





اسم الحشرة	حلم Mites	قراد جاف Hard ticks	قراد طرى Soft ticks
من الأمراض المنقولة	التهاب الجلد تيفوس	تولاريميا حمى جبال روكى	حمى رلجعة




اسم الحشرة	بعوض Mosquitoes	ذباب عاض Biting flies	ذباب غير عاض Non-biting flies
من الأمراض المنقولة	فلاريا ملاريا حمى دنج حمى صفراء	فلاريا ليشمانيا مرض النوم حمى ذبابة الرمل	التهاب ملتحمة العين تيفود كوليرا دوسنتاريا

شكل ٩(٥) - ١ : أنواع من المفصليات والحشرات ، الناقلة للأمراض

جـدول ٩ (٥) – ٨ : بعض الأمراض الهامة للإنسان ، الناتجه عن بكتريا ، منقولة بواسطة مفصليات الأرجل ، كناقل حيوى

المرض	المسبب	الناقل الحيوى	علاقة مفصليات الأرجل بالمسبب المرضى
الطاعون Plague The black death – منتشـــر فى أمــاكن متعددة بالعالم – مرض شديد الخطورة ، شديد العدوى – نسبـة الوفاة به عاليه إذا لم يعالج – يسمى بالموت الاسود ، لأنـه يسبب زرقه بجلد المصاب	Yersinia* pestis Formerly , Pasteurella pestis – عصوى قصير ، مفرد ، سالب لجـــرام ، ذو قطبين عميقى الصبغ bipolar staining – غير متجرثم ، غير متحرك ، لايكــون كابسول – إختيـــارى للهـــواء – خليـط التخمـــر	براغيث الفيران Xenopsylla cheopis براغيث الإنسان Pulex irritans	– يتكاثـــر الميكروب فى أمعاء البرغوث **الوقاية** – الوعـــى الصحـــى ، مقاومة البراغيث – التحصين باللقـــاح الواقى للأشخاص المعرضين **العـــلاج** المضادات مثل الإستربتوميسين

* نسبة إلى Yersin مكتشف المسبب عام ١٨٩٤ فى هونج كونج

مدة الحضانة للميكروب بالإنسان من ٢-٦ يوم عقب الإصابة . وللطاعون نوعان رئيسيان

- **الطاعون العقدى ، الدملى Bubonic plague**

يتنقل الميكروب بلدغ البراغيث ، ويسبب حمى وضعف عام، مع تضخم العقد الليمفاوية buboes of lymph nodes ومن هنا جاءت تسمية المرض ، ويغـــزو الميكروب الجسم ، ويسبب حالة تسمم بكتيرى بالدم

- **الطاعـــون الرئـــوى Pneumonic plague**

ينتقل الميكروب مـــع رذاذ الأنف والفم ، ويصيب الرئه ، وهذا النوع شديد العدوى

تابع جدول ٩(٥) - ٨ :

المرض	المسبب	الناقل الحيوى	علاقة مفصليات الأرجل بالمسبب المرضى
Tularemia التولاريميا ، حمى الأرانب	انظر جدول ٩(٥) - ٦ ص ٣٩٨	القراد Dermacenotr spp.	- يتكاثر الميكروب فى جدار الأمعاء الوسطى للقراد - ينتقل للإنسان باللدغ
Relapsing fever الحمى الراجعة منتشرة فى آسيا ، وأفريقيا ، وأمريكا اللاتينية	Borrelia recurrentis سبيروكيتا - حلزونى الشكل - جدار مرن - مفرد ، سالب لجرام - غير متجرثم - متحرك حركة لولبيه سابحه فى السوائل بدون فلاجيللات - لاهوائى	قمل الجسم Pediculus humanus	- يتكاثر الميكروب بأنسجة القمل خارج الأمعاء - ينتقل إلى الإنسان عند سحق القمل على الجلد

يوضح جدول ٩(٥) - ٩ ، بعض الأمراض الناتجة عن ريكتسيا Rickettsial diseases .

والريكتسيا ، مجموعة من البكتريا ، عصوية ، صغيرة الحجـــم ، ٠,٣ x ١ um ، سالبه لصبغة جرام ، لها جدار به ميورين ، متطفلة إجبارا داخل خلايا العائل ، وهى تفضل التكاثر بالخلايا المبطنة للأوعية الدموية ، والبلعميات الكبيرة (الملتقمات) ، وتنمى داخل جنين الكتكوت ، وتتكاثر بالإنقسام الثنائى .

وللريكتسيا علاقات تطفل مع المفصليات ، مثل القمل ، والبق ، والبراغيث ، والقراد ، والحلم ، وتعتبر هذه المفصليات ، العوائل الطبيعية للريكتسيا ، حيث تعيش بها دون أن تمرضها ، وتنتقل باللدغ إلى الإنسان ، وتسبب له بعض الأمراض .

جـــدول ٩(٥) - ٩ : بعض الأمراض الهامة للإنسان ، الناتجة عن ريكتسيا ، منقولة بواسطة مفصليات الأرجل ، كناقل حيوى

المرض	المسبب	الناقل الحيوى	علاقة مفصليات الأرجل بالمسبب المرضى
Typhus fever حمـــى التيفوس منتشرة فى مناطـق متعددة	Rickettsia prowazekii	Body louse قمل الجسم Pediculus humanus	- يتكاثر الميكروب بالأمعاء الوسطى للقمل - ينتقـل للإنســان باللدغ ، ومن براز القمل ، أو عند سحق القمل على الجلد
Trench fever حمـــى الخنـــــادق منتشرة فى أماكن متعددة ، وبين الجنود فى الخنـــادق	R. quintana	قمل الجسم Pediculus humanus	مثـــل التيفـــوس
Rocky monuntain spotted fever حمى جبـال روكى المبقعة	R. rickettsii	Ticks القراد Dermacentor spp.	- يتكاثر الميكروب فى جدار الأمعاء الوسطى للقراد - ينتقل للإنســان باللــدغ

يوضح الجدول ٩(٥) - ١٠ ، بعض الأمراض الناتجة عن بروتوزوا ، منقولة بواسطة مفصليات الأرجل .

وتنتمى أغلب أنواع البروتوزوا ، المسببة لأمراض منقولة بالمفصليات، إلى مجموعتين رئيسيتين من مجاميع البروتوزوا .

- مجموعة ذوات الأسواط **Mastigophora**

وهى تتحرك بالأسواط ، وتتكاثر بالإنقسام الثنائى البسيط، ومن أمثلتها ، البروتوزوا المسببة لمرض النوم ، والليشمانيا .

- مجموعة ذوات الجراثيم **Sporozoa**

وجميع الأفراد التابعة لهذه المجموعة متطفلة ، وهى غير متحركة ، وإن وجدت حركة فى بعض أطوار الميكروب ، فتكون زاحفة ، وتتكاثر بالإنقسام الثنائى وبالجراثيم .
وهذه البروتوزوا ، لها دورة حياة معقدة ، ومن أمثلتها ، بروتوزوا الملاريا .

إنتقال الميكروب الممرض

عندما تمص الحشرة دم الإنسان المصاب ، ينتقل الميكروب مع الدم إلى الحشرة ، حيث يمضى بأنسجة الحشرة ، جزءا من دورة حياته .
ثم يخرج الميكروب ، مع لعاب حشرة الذباب والناموس ، ويصل إلى دم الإنسان السليم ، أثناء تغذية الحشرة على مص الدم ، أو ينزل الميكروب مع براز البق على جلد الانسان ، ويدخل عن طريق جرح بالجلد .

جـدول ٩ (٥) - ١٠: بعض الأمراض الهامة للإنسان الناتجة عن بروتوزوا ، منقولة بواسطة مفصليات الأرجل، كناقل حيوى

المرض	المسبب	الناقل الحيوى	علاقة مفصليات الأرجل بالمسبب المرضى
Malaria* حمى الملاريا (البرداء) - منتشرة بالمناطق الحارة - وهو مرض شديد العدوى ، ومميت إذا لم يعالج	Plasmodium malariae P. falciparum P. ovale P. vivax وهذه البروتوزوا ، تتبع مجموعة ذوات الجراثيم Sporozoa - لها دورة حياة معقدة، لاجنسية فى الإنسان ، وجنسية فى البعوض	أنثى بعوض الأنوفيليس Anopheles spp.	- يكمل الميكروب دورة حياته الجنسية بالبعوض - ينتقل للانسان باللدغ **تطور المرض** - مدة الحضانة بالانسان ١٠-١٦ يوم - يتطور الميكروب أولا بالكبد ثم بكرات الدم الحمراء - يسبب حمى تظهر فى شكل نوبات، مع تضخم فى الطحال ، وضعف عام وأنيميا - تظهر الإصابة بالإنسان، أثناء دورة الحياة اللاجنسية للبروتوزوا بكرات الدم الحمراء **الوقاية** - لايوجد لقاح واقى حتى الآن - مقاومة الناموس فى المنازل ، وفى أماكن توالد **العلاج** إستعمال الكينين ومركباته التى تقضى على الميكروب فى الدم ، وفى الكبد ، مثل Chloroquine, Mefloquine , Primaquine

* كلمة ملاريا ، ذات أصل إيطالى وتعنى الهواء الفاسد ، للإعتقاد بأن المرض ، سببه هواء المستنقعات ، والبرك الراكدة

تـــابع جـدول ٩(٥) - ١٠ :

المرض	المسبب	الناقل الحيوى	علاقة مفصليات الأرجل بالمسبب المرضى
Sleeping sickness مرض النوم - النوام منتشر بأفريقيا	Trypanosoma gambiense تتبـــع مجموعـــة نوات الأسواط Mastigophora	نبابة تسىتسى Tsetse fly Glossina spp.	- يتكاثـر الميكروب فى الغدد اللعابيـة ، والأمعاء الوسطى للذبابه - ينتقل للإنسان باللدغ - يعيش الميكروب فى بـلازما الـــدم ، ويصـل إلى خلايا الجسـم ، ومنها إلى خـلايا المخ ، والنخـاع الشوكى ، فيســبب لهـــا التهـــابا ، وتدهـــورا تدريجيـا بها ، وغيبوبـــه
Leishmaniasis(*) داء الليشمانيات منتشر فى مناطق متعددة	Leishmania donovani L. tropica L. braziliensis تتبـــع مجموعـــة نوات الأسواط Mastigophora	نبابة الرمل (النباب الرملى) Sandy fly Phlebotomus spp.	- يتكاثـر الميكـروب بالأمعاء الوسطى للذبابه - ينتقـــل للإنســـان باللـــدغ - تظهـــر أعـــراض المـــرض كحمـــى ، ثم تحدث تشوهات جلـدية مزمنـــه مثل قرح الوجه

(*) نسبة إلى إسم العالم الانجليزى ليشمان

السعـــار ، الكلب Rabies , Hydrophobia

ينتقل فيروس السعار إلى الإنسان ، عند العض ، مع لعاب الحيوان المصاب .

وفيروس السعار منتشر ، ويصيب عددا كبيرا من الطيور ، والحيوانات المستأنســه والبرية . والفيروس يتبع عائلـــه Rhabdoviridae ، وحجمــه من ٦٠ - ١٨٠ nm ، ولـــه شكل الطلقة bullet shape ، وكابسيد إهليجى الشكل ، وحامضه النووى ss RNA .

مدة حضانة فيروس السعار بالإنسان حوالى ١ - ٢ شهر فى المتوسط ، وينتشر الفيروس بالجسم ، ويصل للجهاز العصبى المركزى ، وتبدأ الأعراض بحمى ، ثم إضطرابات فى الجهاز العصبى ، وحدوث تغير فى شخصية المصاب .

ويتطلب العلاج ، التنظيف الفورى لمكان العض بمطهر ، واستعمال اللقاح ، ومراقبة الحيوان المصاب إذا كان مستأنسا ، لمدة عشرة أيام ، للتأكد من خلوه من الإصابه .

أمراض فيروسية تنتقل بالمفصليات

جــدول ٩(٥) - ١١ ، يوضح بعض الأمراض الفيروسية ، التى تنتقل بواسطة مفصليات الأرجل Arthropod - borne viruses , Arboviruses . ويعتبر البعوض ، والقراد ، العوائل الرئيسية فى نقل هذه الأمراض الفيروسية .

جدول ٩(٥) - ١١ : بعض الأمراض الهامة للإنسان ، الناتجة عن فيروسات ، منقولة بواسطة مفصليات الأرجل ، كناقل حيوى

المرض	المسبب	الناقل الحيوى	علاقة مفصليات الأرجل بالمسبب المرضى
Yellow fever الحمى الصفراء - منتشرة بآسيا ، وأفريقيا، وأمريكا الجنوبية - من الأمراض الخطيرة بالمناطق الحارة	Arbovirus يتبع عائلة Togaviridae - فيروس كروى الشكل، صغير الحجم ، عشرينى الأوجه - قطره ٢٠ - ٦٠ nm - له غلاف من الليبيدات - حامضه النووى ss RNA - يتكاثر فى سيتوبلازم الخلية	بعوض الإيدز Aedes aegypti	- يتكاثر البعوض فى أنسجة البعوض - ينتقل للإنسان باللدغ **تطور المرض** - مدة الحضانة بالإنسان من ٣ - ٦ أيام - ينتشر الفيروس بالدم ، ويسبب ضعف عام، وحمى ، مع قيىء أسود اللون ، وإصفرار لون الجلد بسبب تلف الكبد (يرقان Jaundice) ، ووجود البيومين بالبول (بول زلالى) **الوقاية** - مقاومة البعوض - التحصين باللقاح - الشفاء بعد الإصابه ، يعطى للجسم مناعة دائمة
Dengue fever حمى الدنج	مثل الحمى الصفراء		

الأمـــراض التى تسببها الكلاميديا Chlamydial diseases

الكلاميديا ، خـــلايا كروية ، صغيرة الحجم ، قطرها ٠,٢ إلى ٠,٧ um ، تحصل على الطاقة من العائل . والكلاميديا ، مثل الريكتسيا ، متطفله إجبارا ، تعيش داخل خلية العائل ، وتوجد فى الطيور والثدييات ، وتسبب لعوائلها الطبيعية ، أمراضا كامنه ، مزمنه .

والكلاميديا ، بعكس الريكتسيا ، لاتنتقل للإنسان من خلال عوائل وسطية ، ولكنها تنتقل مباشرة من مصاب لآخر .

وجـــدول ٩(٥) - ١٢ ، يوضح بعض الأمراض الهامة ، التى تسببها الكلاميديا .

جـــدول ٩(٥) - ١٢ : بعض الأمراض الهامة بالإنسان ، الناتجة عن كلاميديا

المرض	المسبب	طريقة الإنتقال الرئيسية للميكروب	مظـاهر المرض
Psittacosis حمى الببغاء	Chlamydia psittaci	ينتقل ببلع مواد ملوثه بفضلات برازية ، من طيور مصابة	- التهاب الرئتين - حمى وضعف عام - وعـدم العـلاج قد يؤدى إلى الموت
Trachoma التراكوما- الرمد الحبيبى بالعين	C. trachomatis	- ينتقل ميكانيكيا من أيدى، أو أدوات ، ملوثه بالميكروب - ويلعب النبـاب دورا هاما فى نقل الميكروب	- يسبب قروحا بالعين - إهمال العـلاج قد يؤدى إلى العمى
Inclusion conjunctivitis إلتهاب ملتحمة العين	C. trachomatis	يوجد الميكروب طبيعيا بالجهاز التناسلى وينتقل : - إلى الجنين عند الولادة - للبالغين بالإتصال الجنسى ، ومن الأصابع الملوثه	- إلتهاب ملتحمة العين Conjunctiva

بعض الأمراض الأخرى الهامة المنقولة
Other transmissible diseases

قد تنتقل بعض المسببات المرضية ، بأكثر من طريقة ، أو بطرق أخرى غير التى سبق ذكـــرها ، وتسبب هذه المسببات ، بعض الأمراض الهامة للإنسان ، والتى منها :

الإلتهابات المعوية الناتجة عن بكتريا الإيشيريشيا
Gastroenteritis caused by Escherichia coli

E. coli ميكروب عصوى قصير ، مفرد ، سالب لصبغة جرام ، غير متجرثم ، متحرك بفلاجيللات محيطية ، إختيارى للهواء ، خليط التخمر ، ويخمر سكر اللاكتوز مع إنتاج حامض وغاز .

وتوجد هذه البكتريا ، بشكل طبيعى فى القناة الهضمية ، حيث تشكل جزءا هاما من الميكروبات الموجودة بها ، ورغم ذلك ، فقد لوحظ أن بعض سلالات من E. coli ، تسبب إلتهاباتا معوية للإنسان والحيوان ، وتنتقل من اليد إلى الفم ، دون حاجه إلى النمو ، أو التكاثر فى الغذاء .

يوجد من E. coli مئات السلالات ، التى تختلف عن بعضها فى خـــواصها الأنتجينية ، حيث تميــز سيرولوجيــا بالإنتجينـــــات الجسديـــة O , Somatic antigens ، وهى من الليبـــو عديدات التسكر Lipo poly saccharides، وتوجد بجدار الخلية ، كما تميز بأنتجينات الكابسول K , Capsular antigens وهى من عديدات التسكر ، وتوجد بكابسول البكتريا ، وتميز أيضا بأنتجينات الأسواط H , Flagellar antigens ، وهى من البروتين ، وتوجد بالأسواط .

تسبب السلالات المرضية من E. coli ، مثل السلالة 055 ، والسلالة 0124 ، الإسهال ، والإلتهابات المعوية ، بالأطفال والبالغين ، فهذه السلالات من البكتريا ، تسكن الأمعاء ، وتهاجم الأغشية المبطنة ، وتسبب أعراضا مشابهة للدوسنتاريا الباسيلية (الشيجللا) ، كما أن من E. coli ، سلالات مثل السلالة 025 ، التى تنتج توكسين معوى خارجى ، يسبب الإسهال ، وأعراضا مماثلة لما تسببه بكتريا الكوليرا .

وتعالج الالتهابات المعوية ، الناتجة عن E. coli ، بواسطة المضادات الحيوية .

الجذام - مرض هانسن Leprosy , Hansen's disease

الجذام ، مرض مزمن ، يكثر فى المناطق المدارية الحارة ، كوسط أفريقيا ، والهند ، والصين ، والبرازيل . وهو يصيب الجلد ، والوجه ، والأعصاب الطرفيه ، فيسبب تشوهات وتقرحات وتآكل ، وفقدانا لحساسية الجلد ، وتقرحات بالعين ، وشللا لعضلات الجفون ، وقد يصيب الخصيتين ، ويحدث العقم .

يسبب المرض ، بكتريا Mycobacterium leprae ، وقد اكتشفه النرويجى آرمور هانسن A. Hansen عام ١٨٧٤ ، لذا سمى المرض باسمه . ومدة الحضانـــة غير محددة حتى الان ، فقد تتراوح من عدة شهور ، إلى عدة سنوات .

والمسبب ، يشبه بكتريا السل ، فهو عصوى ، مفرد أو فى تجمعات، موجب لصبغة جرام ، صامد للأحماض ، غير متجرثم ، غير متحرك ، هوائى، ويكثر وجوده فى الدرنات التى يكونها بأماكن الاصابه .
والسلالات شديدة الإمراض Virulent strains من بكتريا الجذام ، متطفلة إجبارا ، حيث لم يمكن تنميتها على بيئات صناعية ، أما السلالات غير الشديدة الإمراض Avirulent ، فقد امكن تنميتها على البيئات الصناعية .

ينتقل الميكروب بالإحتكاك بجلد الشخص المصاب ، أو مع إفرازات الأنف ، وتلعب الظروف المعيشية القاسية ، وسوء التغذية ، وضعف الجهاز المناعى ، دورا كبيرا فى زيادة نسبة الإصابة بالمرض .

ليس هناك لقاح واقى من المرض حتى الآن ، ولكن يمكن تجنب المرض ، بالإهتمام بتحسين الظروف الصحية ، والتغذية الجيدة ، وعزل المرضى فى مصحات المجذومين Leprosaria .
ويتم علاج المرضى بالحقن ، بعقاقير السلفونات Sulfones ، والمضادات الحيوية كالإستربتوميسين .

الإلتهاب الكبدى الفيروسى (اليرقان الفيروسى)
Viral Hepatitis

ينتج مرض الإلتهاب الكبدى ، من عدة أنواع من الفيروسات ، أهمها الفيروس أ ، والفيروس ب ، أو ينتج المرض عن فيروس آخر ، غير أ ، ب، ويسمى Non A , Non B ، (يسميه البعض فيروس C) ، ويشبه النوع الأخير، أى فيروس C ، فى مدة حضانته ، وما يسببه من مرض ، النوع B .

وفيما عدا تقارب الإسم ، فإنه لاتوجد قرابه مشتركة بين فيروس أ، ب ، لافى التكوين ، ولافى طريقة العدوى ، ولافى عواقب الإصابة ، وإن كان هناك تشابها فى الأعراض .

تنتقل الفيروسات المسببه ، من الأغذية أو الدم الملوث ، إلى الكبد . وتتميز الأعـــراض بحدوث فقد للشهية ، وعدم الرغبة فى أكل الدهنيات ، وحمى ، ويصحب ذلك اليرقان Jaundice ، وهو إحتقان الكبد ، وتليف خلاياه، مع تلون بيـــاض العين باللون الأصفر ، وتلون البول باللون الداكن الذى يشبه لون الشاى ، لنزول أمـــلاح الصفراء الخام به .

وجدول ٩(٥) - ١٣ ، يبين أهم الفروق بين الإلتهاب الكبدى الناتج عن فيروس أ ، والناتج عن فيروس ب .

جـــدول ٩(٥) - ١٣ : أهم الفروق بين الإلتهاب الكبدى أ ، ب

الصفة / المرض	إلتهاب كبدى أ	إلتهاب كبدى ب
الفبريون	- Hepatitis type A virus , HAV - قطره ٢٧ n m ، عشرينى الأوجه - حامضه النووى RNA	- Hepatitis type B virus , HBV - قطره ٤٢ n m ، معقد السيمترية، مغلف - حامضه النووى DNA
مصدر الفيروس	الأغنية ، والمياه ، والمشروبات الملوثه	- الـــدم ومنتجاتـــه - المرضى وحاملى الميكروب
طريقة الإنتقال	الفم ، ثم ينتقل من الأمعاء إلى الكبد	نقل الدم ، والحقن الملوثة ، ثم ينتقل الفيروس إلى الكبد
المرض الناتج	الإلتهاب الكبدى المعدى Infectious hepatitis - مـــرض شـــديد العـــدوى ، وهو أكثر الأنواع إنتشارا	الإلتهاب الكبدى المصلى Serum (seringe) hepatitis - أقل إنتشارا من النوع أ ، ولكنه يسبب مضاعفات أشد خطورة، مثل تليف الكبد، وسرطان الكبد

تـــابع جدول ٩(٥) - ١٣ :

الصفة/المرض	إلتهاب كبدى أ	إلتهاب كبدى ب
موسم العدوى	- تزداد العدوى فى الخريف والشتاء - وتنتقل العدوى بسرعة ، نتيجة عدم الوعى الصحى ، فى التجمعـــات ، كالمـدارس، والسجـــون ، والمعسكرات	تحدث العدوى طول العام
عمر المصاب	الأطفـــــال	كل الأعمـــــار
مدة الحضانة	١٥ - ٦٠ يوم	٥٠ - ١٦٠ يوم
الأعراض	تظهر فجأة ويستمر المرض لمدة ١-٣ أسبوع بعدها يتم الشفاء	تظهر تدريجيا بعد الشفاء، يبقى الميكروب فى دم الناقه لعدة أشهر أو سنوات (حاملى الميكروب)
الوقاية	تحصين الأطفال ، بحقن اللقاح الواقى فى العضل ، بعد الولادة بعدة أسابيع	- أمكـن تحضير لقاح مناعى، ولكنه باهظ التكـاليف ، ويقتصـــر إستخدامـه على الفئـات الأكثر تعرضا للعدوى - غليـان الحقن لايكفى لقتل الفيروس، لذا يجب استعمال حقن بلاستيك لمرة واحدة

الإيدز - مرض نقص المناعة المكتسب
AIDS , Acquired Immunodeficiency Syndrome[1]

بدأ منذ عام ١٩٨١ ، إتجاه الأنظار بشدة ، نحو مرض شديد العدوى، مميت ، يصيب الجهاز المناعى للجسم ، فيسبب نقصه ، وبذا يصبح المريض بهذا المرض ، غير قادر على مقاومة العدوى ، أو مقاومة الأمراض السرطانية.

وقد تمكن فى عام ١٩٨٤ ، كل من الأمريكى روبرت جاللو Robert Gallo ، والفرنسى لوك مونتانييه[٢] L. Montagnier ، من التعرف على المسبب ، ووجدا أنه فيروس ، Retrovirus ، يتبع عائلة الفيروسات المنعكسه[٣] Retroviridae .

وأفراد هذه العائلة ، مغلفة ، حامضها النووى RNA ، والكابسيد ذو سميترية عشرينية الأوجه ، ويدخل المسبب للإيدز ، تحت مجموعة HTLVs (Human T cells lymphotrophic viruses) وهى فيروسات ، تثبط خلايا الليمف وتدمرها .

ويتبع فيروس الإيدز النوع الثالث من هذه المجموعة ، المعروفة بـ HTLV - III . وبالإضافة إلى ذلك ، فقد تم عزل أنواع أخرى ، مثل HTLV - II ، من بعض الحالات المصابه بالإيدز .

يوجد الفيروس فى سوائل جسم المصاب ، كالدم والسائل المنوى ، لذا تنتقل العدوى عن طريق الإتصال الجنسى ، والدم والحقن الملوثه ، ومن الأم المصابه إلى الجنين ، عن طريق المشيمه ، أو أثناء الولادة . علما بأن معايشة مريض الإيدز ، فى المنزل ، أو المدرسة ، أو مكان العمل ... الخ ، لاتسبب نقل المرض .

---

(١) يعنى تعبير Syndrome ، مجموعة الأعراض المتلازمة (المميزة) للمرض
(٢) روبرت جاللو ، لوك مونتانييه (١٩٨٩) . الإيدز - مجلة العلوم ٦(٣) : ١٣ ، مؤسسة الكويت للتقدم العلمى - الكويت .
(٣) سميت بالفيروسات المنعكسه ، لأنها قادرة على تخليق حامض DNA من RNA ، فى عملية عكسية لما هو معروف ، بواسطة إنزيم الإستنساخ العكسى Reverse transcriptase (RNA - dependent DNA polymerase) ، DNA الناتج ، يندمج بنواة خلية العائل ، ويديرها لمصلحته

يعتبر الإيدز ، من أخطر الأمراض ، التى تصيب جهاز المناعة بالجسم (أنظر أنواع الإستجابة المناعية صـ ٣٣٦) ، إذ يتلف الفيروس خلايا ليمف T (خلايا الليمف الثيموسية المعاونة ، T lymphocytes , T - Cell) ، التى تعتبر الأساس فى جهاز المناعة الخلوية Cellular immunity .

وبذلك تصبح الإستجابة المناعية ، (أى المناعة المكتسبة المتخصصة بالجسم) بالشخص المصاب ، غير كافية للتخلص من الأجسام الغريبة ، ومقاومة العوامل المرضية الإنتهازية ، من فيروسات وبكتريا وفطريات ... الخ ، التى لاتستطيع إصابة الجسم ، إلا عند ضعف جهازه المناعى ، حيث تزداد بدرجة كبيرة ، قابلية الجسم للعدوى ، والتعرض للإلتهابات الرئوية ، والإصابة بسرطان الجلد ، والأورام السرطانية الأخرى .

ولاتعرف فترة حضانة واضحة ، لهذا المرض حتى الآن ، فقد تتراوح من أشهر إلى عدة سنوات .

ولتجنب الإصابة بالفيروس ، يراعى شروط النظافة العامة ، والبعد عن الإتصالات الجنسية غير المشروعة ، غير السوية ، وتجنب الدم الملوث ، وإستعمال الحقن التى تستعمل لمرة واحدة فقط .

ولايوجد لقاح واقى من المرض حتى الآن ، وليس له علاج أيضا ، وتؤدى الإصابة به إلى الوفاة ، وتبذل جهودا مكثفة ، فى جميع المعامل البحثية المتخصصة ، لتوفير لقاح ، وعـــلاج ، لهذا المرض .

تســوس الأســـنـــان Dental caries

تسوس الأسنان من الأمراض الشائعه ، خاصة فى الأطفال ، وبين أفراد الشعوب المتمدينه . ويسبب التسوس ، تلفا موضعيا بالسن ، ينتج من تأثير البكتريا المسببه ، ويتحدد مدى التسوس ، بعوامل أخرى مثل نوع التغذية ، سلامة الفم ، معاملة مياه الشرب بالفلورند ... الخ .

ويسبق حدوث العدوى ، تكون طبقة من البلاك (اللويحة) Plaque ، على سطح السن ، فوق طبقة المينا Enamal . والبلاك مادة لينه ، عبارة عن تجمع من مواد عضوية وبكتريا ، لونها أبيض أو مصفر ، تلتصق على سطح السن ، وتتراكم بين الأسنان ، وعند إلتقاء اللثه بعنق السن . وقد يندمج بالبـــلاك كالسيوم اللعاب ، فتتكون مادة جيرية صلبة . وعدم إزالة طبقة البلاك ، يسبب مشاكل كبيرة للأسنان واللثه .

تهاجـــم البكتريا المطمورة بالبلاك ، على سطح السن ، البقايا العضوية ، (انظر صـ ٢٧٢) فتتحلل نشويات الغذاء ، خاصة السكروز ، وتنتج أحماضا عضوية ، تذيب أملاح الكالسيوم بالمينا ، وتمتد الإصابة تدريجيا لتصل إلى لب السن Dental pulp ، ويتكون خراج .

يعيش بين الأسنـــــان ، مجموعـــــة من البكتريا ، وأهمها فى تسوس الأسنان ، بكتريا Streptococcus mutans

وهى كرويه ، فى سلاسل قصيرة ، موجبة لصبغة جرام ، غير متجرثمة ، غير متحركة ، متحملة للهواء ، غير محللة لكرات الدم الحمراء ، توجد فى بلاك الأسنان .

وقد يوجد من مسببـــــات التســـوس أيضا ، أنـــواعا تابعـــة لـــ

Lactobacillus spp. , Actinomyces spp.

وللوقاية من التسوس ، يراعى نظافة وسلامة الفم ، والأسنان ، والإقلال من أكل السكريات ، وإزالة طبقة البلاك من على سطح الاسنان ، وفلورة المياه .

وبالإضافة إلى البكتريا ، المسببة لتسوس الأسنان ، فإنه يوجد مجموعـــــة من البكتريا ، التى تسبب إلتهاب الأنسجة المحيطة بالأسنان Periodontitis ، ويساعد على زيادة هذه العدوى ، إهمال صحة الفم ، وتراكم طبقات البلاك حول الأسنان .

ومن البكتريـــا المسببـــه لهذه العـــدوى ، أنـــواع تتبـــع أجنـــاس

Actinomyces , Bacteroides , Champylobacter , Fusobacterium , Veillonella

وكلها سالبه لصبغة جرام (عدا الأكتينوميسيس ، فهى موجبة) ، غير متجرثمـــة ، غير متحركة (عدا Campylobacter ، فهى متحركة بأسواط طرفية) ، لاهوائية ، عصوية (عدا Veillonella ، فهى كروية) .

الأمـــــراض الفطريـــة Fungal diseases

تحدث الأمراض الفطرية ، التى تصيب الإنسان ، إما عن عدوى فطرية وتسمى مرض فطرى Mycosis ، أو من إبتلاع نواتج فطرية سامه ، وتسمى تسمم فطرى Fungal toxicosis .

أمراض العـدوى الفطـرية Mycoses

الفطريات القادرة على إحداث العدوى الفطرية قليلة ، وهى متوطنة بالتربة ، وفى أغلب الحالات ، فإن غزوها للعائل يأتى بطريق الصدفة ، ولكن يشذ عن ذلك فطريات الجلد Dermatophytes ، التى تقطن بشرة الجلد Epidermis والشعر ، والأظافر ، وتنتشر بإنتقالها من شخص لآخر .

ويأتى معظم الضرر ، الناتج من أمراض العدوى الفطرية ، مما تسببه هذه الأمراض ، من تفاعلات حساسية بالجسم ، خاصة مايشبه أنواع الحساسية المتآخرة ، الناتجة بواسطة الخلايا Delayed cell - mediated type (انظر صـ ٣٣٧ و صـ ٣٦٢) . وعادة ، تتكون قرحا موضعية ، تشبه تلك، الخاصة بتفاعلات الحساسيه لمرض السل ، وتمثل هذه القرح ، أماكن نمو هيفات الفطر .

تقسم أمراض العدوى الفطرية ، حسب درجة تعمقها بالجسم

- فمنهـا السطحى Superficial ، الذى يصيب الجلد ، مسببا أمراضا فطرية جلدية Dermatomycoses
- ومنها ما يصيب تحت الجلد Subcutaneous mycoses
- ومنها مايسبب أمراضا جهازية متعمقة بالجسم Deep , Systemic mycoses

الأمـــراض الفطـريـــة الجلـديـــة Dermatomycoses

تسبب الفطريات الجلدية ، قروحا بالجلد ، حلقية ذات قشور ، وتسمى هذه القروح ، تينيا* ، أو سعف جلدى (قوباء حلقية) *Tinea , Ringworm .

تقسم التينيا حسب الجزء المصاب من الجسم

- فمنها مـــايصيب القـــدم ، ويسمى Tinea pedis ، ويعرف باسم مرض قدم الرياضى Athlete's foot disease .

- ومنها مـــايصيب الرأس ، ويسمى Tinea capitis ، ويسبب مـــرض السعفة الجلدية (القوباء الحلقية) بفروة الرأس Ringworm of scalp

- ومنها مايصيب الجسم ، ويسمى Tinea corporis ، ويسبب القوباء الحلقية لأجـــزاء الجسم ، الخالية من الشعر Ringworm of the non-hairy skin

وتنشأ أغلب أمراض التينيا ، عن ثلاثة أجناس فطرية ، هى

- **Epidermophyton** ، وهو ينمو عادة فى الجلد، وأحيانا بالأظافر ، ومن أمثلته E. floccosum ، الذى يسبب عدوى بالجلد ، وبأظافر الأصابع .

- **Trichophyton** ، وهو ينمو فى الشعر ، والجلد، والأظافر، ومن أمثلته T. rubrum ، ويسبب سعفا جلديا بأجزاء مختلفة بالجسم .

- **Microsporum** ، وهـــو ينمـــو فى الشعـــر ، والجلد فقط ، ومن أمثلته M. canis ، الذى يسبب السعف الجلدى بفروة رأس الأطفال .

تنتقل هذه الفطريات ، بالتلامس المباشر ، ومخالطة المرضى ، أو مع قشور الجلد ، ومواسك الشعر ، التى تحمل هيفات الفطر ، وأحيانا جراثيمه المفصلية Arthrospores .

---

* كلمة تينيا ، Tinea من أصل لاتينى ، وتعنى دودة Worm ، حيث كان يعتقد قديما ، أن الدود ، هو مسبب المرض

تسبب العدوى دوائر حلقية بموقع الإصابة ، ذات لون وردى فاتح ، وقد يتكون بحواف الحلقة بثرات .

وهذه الأمراض واسعة الإنتشار ، وتسبب إزعاجا ولكن بدون خطورة، وتجنبها صعب ، غير أن المحافظة على جفاف الجلد ، ونظافته ، يعتبر حواجز دفاعية من العدوى .

الأمـــراض الفطـريـة التى تصيب تحت الجلد
Subcutaneous mycoses

الفطريات المسببة لهذه الأمراض تقطن بالتربة ، وتحدث العدوى ، بدخول الفطر ، من خدش أو جرح بالجلد ، ويصل إلى تحت الجلد .

ويسبب هذه الأمراض ، عددا من الفطريات ، والفطريات الشبيهه بالخمائر Yeast - like fungi ، والأكتينوميسيتات ، ومن أمثلة الفطريات الشبيهه بالخمائر الممرضة Sporotrichum schenckii ، الذى يسبب قروحا بمواضع الإصابه .

الأمراض الفطرية الجهازيه (المتعمقه)
Systemic mycoses (Deep)

مجموعة قليلة من الفطريات ، هى التى تسبب الأمراض الجهازية بالإنسان . وغالبا ماتكون تلك الأمراض خطيرة .

وتقطن أغلب الفطريات المسببة التربة ، وكثير منها ينتقل مع الهواء، ويدخل الجسم من الجهاز التنفسى ، وقد يدخل أحيانا ، من منافذ أخرى .

وبعض المسببات ، مثل Candida ، توجد بشكل طبيعى غير ضار ، على سطح الجلد ، والأنسجة المخاطية ، ولكنها تسبب المرض ، عندما مايضعف الجسم أو جهازه المناعى ، بسبب المرض ، أو كثرة تداول الأدوية .

وعادة ، مايغزو المسبب ، الأنسجة التى تحت الجلد أو الرئه ، ومنها ينتشر مع الدم ، إلى أجزاء أخرى بالجسم ، حيث يستقر ، ويسبب المرض .

ويوضح جدول ٩(٥) - ١٤ ، بعض الأمراض الفطرية الجهازية الهامة ، التى تصيب الإنسان .

جـــدول ٩(٥) - ١٤ : بعض الأمراض الفطرية الجهازية ، التى تصيب الإنسان

المسبب ومصدره	صفات المسبب فى مرحلتى التطفل والترمم	تولـــد المرض
Candida albicans (Moniliasis) يتواجد بشكـل طبيعى ، بحاله غيـــر ضـارة ، على الأغشية المخاطية بالجهـاز التنفسى ، والهضمى ، والجنسى للمــرأة	- **فى النسيج** (مرحلـة التطفـل) خميرة بيضاوية الشكل ، متبرعمة، القطر ٢-٦ u m - **على الآجـــار** (مرحلة التـرمم) على السطح : خلايا متبرعمة فى العمــق : ميسيليوم كاذب، نو خلايا طويله متبرعمة	- يسبب ، فى حـــالة ضعف الجهاز المناعى بالجسم، أمراضا متعمقة ، أو تقرحـــات موضعيـة بالجلد ، والفـــم ، والـرئتين ، والمهبـــل - تعتمد الوقايـة على سلامة الجهاز المناعى للجسم
Cryptococcus neoformans مصدر الميكروب زرق الطيور، والميكروب لاينتقل من شخص لآخــر	- **فى النسيج** ، والسائل النخاعــى خميرة بيضاوية الشكل ، متبرعمة ، لها كابسول ، القطر ٥-١٢ u m - **على الآجـــار** خـــلايا فقط دون تكوين ميسيليوم	- تحـدث العدوى من خــلال الجهاز التنفسى ، وينتقــل مع الدم لأجزاء مختلفة بالجسم - يسبب إلتهـاب غشـاء السحايـا ، مصحوبا بتقرحات بالجلد، والرئتين - يمـوت المـــريض إذا لـم يعالـــج

تـابع جـدول ٩(٥) - ١٤ :

المسبب ومصدره	صفات المسبب فى مرحلتى التطفل والترمم	تولـد المرض
Blastomyces dermatitidis - يعيش الميكروب بالتربة - لاينتقل من شخص لآخر	- **فى النسيج** خـلايا كروية كبيرة متبرعمة ، ذات جـدر سميكة ، القطر ٨-١٥ um - **على الآجـار** - خـلايا كروية عند درجة ٣٧°م - هيفات مقسمة ، مع جـراثيم كونيدية ملساء عند درجة ٢٥°م	- تحدث العدوى بإبتلاع الأتربة الملوثة - يصيب الرئتين غالبا ، وقد ينتشر لأعضاء أخرى بالجسم ، كالعظام ، والجلد ، وغشاء السحايا - يكون خراريج صغيرة ، وحبيبات ذات شكل درنى
Histoplasma capsulatum - يوجد بالتربة وزرق الطيور - لاينتقل من شخص لآخر	- **فى النسيج** خميرة بيضاوية صغيرة متبرعمة، القطر ٢-٤ um - **على الآجـار** - خـلايا بيضاوية عند درجة ٣٧°م - هيفات مقسمة ومتفرعة ، عند درجة ٢٥°م ، مع جراثيم كونيدية متدرنة	- تحدث العدوى بإبتلاع التربة الملوثة - يكون تقرحات تشبه الدرنات بالرئه ، وقد ينتشر لأعضاء أخرى
Geotrichum candidum غير معروف الموطن الطبيعى للميكروب، ولكنه قد يوجد بالفم ، والقناة الهضمية للإنسان	- **فى البصاق** - خـلايا بيضاوية ذات جدر سميكة - أو جـراثيم مفصليه مستطيلة الشكل ٥ X ١٠ um - **على الآجـار** ميسليوم مع جراثيم مفصلية	- يسبب إلتهابا حادا بالشعب الهوائية ، أو تقرحات بالفم

التسممـــات الفطــرية Fungal toxicoses

يفرز كثير من الفطريات ، موادا سامة ، تسمى توكسينات فطرية Mycotoxins ، وتسبب هذه السموم عند إبتلاعها ، أمراضا خطيرة ، قد تكون مميته فى بعض الأحيان .

تتضمن السموم الفطرية الهامة للإنسان (انظر جدول ٩(٥) - ٤)

- تلك السموم ، التى تكونها الأنواع السامة من عيش الغراب .Amanita sp
- وفطـــر Claviceps purpurea ، (المسبب لمــرض الإرجــوت Ergot ، بنبات الشيلم Rye)
- وسم الأفلاتوكسين ، الذى يفرزه فطر Aspergillus flavus .

مراجع للفصل التاسع - خامسا

References

Burnett, G.W.; H.W. Scherp and G.S. Schuster (1976). Oral microbiology and infectious diseases. 4th Ed., Williams & Wilkins , Baltimore , USA .

Duguid, J.P.; B.P. Marmion and R.H.A. Swain (eds.) (1978). Medical microbiology. 13th Ed., Churchill Livingstone Ltd., Edinburgh .

Hoeprich, P.D. (ed.) (1977). Infectious diseases. 2nd Ed., Harper & Row, New York.

Lennette, E.H.; E.H. Spaulding and J.P. Truant (1980). Manual of clinical microbiology. 3rd Ed., American Society for Microbiology, Washington D.C.

مراجع عامة مختارة

Selected General References

Brock, T.D. and M.T. Madigan (1991). Biology of microorganisms. 6th Ed., Prentice - Hall Inc., London.
Burrows, W. (1973). Textbook of microbiology. 20th Ed., Saunders Co., London.
Duguid, J.P.; B.P. Marmion and R.H.A. Swain, (eds.) (1978). Medical microbiology. 13th Ed., Churchill Livingstone Ltd., Edinburgh.
Frobisher, M. (1968). Fundamentals of Microbiology. 8th Ed., Saunders Co., London.
Pelczar, M.J.Jr.; E.C.S. Chan, and N.R. Krieg (1986). Microbiology. 5th Ed., Mc Graw Hill, New York.
Schlegel, H.G. (1993). General microbiology. 7th Ed., Cambridge Univ. Press, London.
Stainier, R.Y.; J.L. Ingraham; M.L. Wheelifand and T.R. Tainter (1986). The microbial world. 5th Ed., Prentice - Hall Inc., London .

المؤلفـان فى سطــور

د. عبد الوهاب محمد عبد الحافظ

* من مواليد المنصوره ، عام ١٩٣٧ .

* حصل على بكالوريوس العلوم الزراعية عام ١٩٥٩ ، ثم على الدكتوراه فى الميكروبيولوجيـــا الزراعية عام ١٩٦٦ ، من كلية الزراعة ، جامعة عين شمس ، بالقاهرة .

* تـــدرج فى وظـــائف هيئــة التــدريس بالجامعـــة ، إلى أن أصبح أستاذا للميكروبيولوجيا الزراعية ، ثم عميدا لكلية الزراعة جامعة عين شمس .

* عمــل محاضرا فى بعض الجامعات العربية .

* عضو فى عدة هيئات وجمعيات علمية وأكاديمية .

* له مايزيــد عــن ٧٥ بحثا منشورا فى فروع الميكروبيولوجيا المختلفة علاوه على إشرافه على أكثر من ٣٥ رسالة ماجستير ودكتوراه .

* شارك فى العديد من النشاطات والمؤتمرات المحلية والعربية والدولية .

* شارك فى تأليف وترجمة عدة كتب علمية .

* يعمل حاليا رئيسا لجامعة عين شمس .

* متزوج ولــه ولــدان .

د. محمد الصاوى محمد مبارك

* من مواليد القاهرة ، عام ١٩٢٨ .

* حصل على بكالوريوس العلوم الزراعية عام ١٩٤٩ ، من كلية الزراعة ، جامعة القاهرة .

* حصل على الدكتوراه فى الميكروبيولوجيا الزراعية عام ١٩٦٦ ، من كلية الزراعة ، جامعة عين شمس ، بالقاهرة .

* تدرج فى وظائف هيئة التدريس بالجامعة ، إلى أن أصبح أستاذ ورئيسا لقسم الميكروبيولوجيا ، بكلية الزراعة بجامعة عين شمس .

* عمل محاضرا فى بعض الجامعات العربية .

* عضو فى عدة هيئات وجمعيات علمية وأكاديمية .

* له مايزيد عن ٧٠ بحثا منشورا فى مجال الميكروبيولوجيا التطبيقية ، علاوه على إشرافه على أكثر من ٣٠ رسالة ماجستير ودكتوراه .

* شارك فى العديد من النشاطات والمؤتمرات المحلية والدوليه .

* شارك فى تأليف وترجمة عدة كتب علمية .

* رئيس تحرير مجلـــة حوليات العلوم الزراعية بكلية الزراعة ، جامعة عين شمس ، ورئيس تحرير مجلـــة إتحاد الجامعات العربية للدراسات والبحوث الزراعية .

* يعمل حاليا أستاذا متفرغـــا للميكروبيولوجيا الزراعية ، بكلية الزراعة ، جـــامعة عين شمس .

* متزوج ولـــه إبنـــه واحـــده .

المراجع فى سطور

د . سعد على زكى محمود

* من مواليد شبين الكوم ، منوفيه ، عام ١٩٢٤ .
* حصل على بكالوريوس العلوم الزراعية عام ١٩٤٧ ، من زراعة شبين الكوم .
* حصل على بكالوريوس ميكروبيولوجى من كلية العلوم ، جامعة إدنبره ، بأسكتلاندا ، عام ١٩٥٢ .
* حصل على دكتوراه فى الميكروبيولوجى ، من جامعة ليدز بإنجلترا ، عام ١٩٥٥ .
* تدرج فى وظائف هيئة التدريس بالجامعة ، إلى ان أصبح عميدا لكلية الزراعة بجامعة عين شمس ، بالقاهرة .

* رئيس جمعية الميكروبيولوجيا المصرية، ورئيس اللجنة القومية المصرية لعلوم الكائنات الدقيقة بأكاديمية البحث العلمى ، وعضو بالعديد من الجمعيات العلمية المحلية والدولية .
* له أكثر من ٣٥٠ بحثا منشورا فى فروع الميكروبيولوجيا المختلفة ، علاوه على إشرافه على أكثر من ٢٠٠ رسالة ماجستير ودكتوراه .
* له براءة إختراع الإنزيمات الميكروبية ، مثل البروتينيز ، وإنزيمات تعطين نباتات الالياف .

* حائز على وسام العلوم والفنون من الطبقة الأولى ، وعلى جائزة الدولة التشجيعية عام ١٩٦٨ ، وعلى جائزة جامعة عين شمس التقديرية عام ١٩٩٣ .

* حائز على جائزة الدولة التقديرية فى العلوم الزراعية لعام ١٩٩٣ .

* من مؤلفاته كتاب الميكروبيولوجيا التطبيقية العملية ، وكتاب ميكروبيولوجيا الأراضى ، وكتاب أمراض النبات البكتيرية والفيروسية ، وشارك فى ترجمه العديد من المراجع العلمية .
* يعمل حاليا أستاذا متفرغا للميكروبيولوجيا الزراعية ، بكلية الزراعة جامعة عين شمس .
* متزوج ، وله ولد وبنتان .

رقم الأيداع : ١١٥٤٦/ ٩٥

عربية للطباعة والنشر
١٠،٧ شارع السلام ـ أرض اللواء المهندسين
تليفون : ٣٠٣١٠٤٣ ـ ٣٠٣٦٠٩٨